
NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06275537 0





Der Civilingenieur.

Neue Folge. Zwölfter Band.

Der

Civilingenieur.

Zeitschrift für das Ingenieurwesen.

Unter besonderer Mitwirkung von

Dr. Julius Weisbach,
K. S. Bergrath, Prof. a. d. Bergakademie zu Freiberg,
Mitglied d. K. Russ. Akademie der Wiss. zu St. Petersburg,

Dr. Gustav Zeuner,
Professor am eidgenössischen Polytechnikum
zu Zurich,

B. Tauberth,
Betriebsoberinspector an der K. S.-Böhmischen
Staatseisenbahn zu Dresden,

A. Hallbauer,
K. S. Finanzrath zu Leipzig,

und

F. Nowotny,
Directionsrath bei den K. S. westlichen Staatseisenbahnen zu Leipzig,

herausgegeben

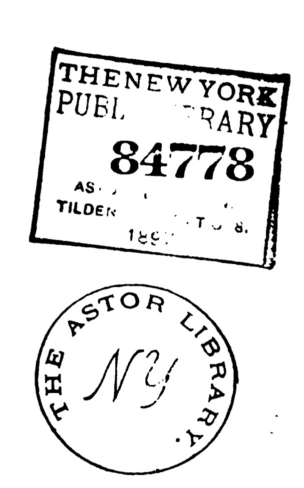
von

K. R. Bornemann,
Kunstmeister zu Freiberg.

Neue Folge. Zwölfter Band.

Mit in den Text eingedruckten Holzschnitten und 29 Tafeln Abbildungen.

Leipzig,
Verlag von Arthur Felix.
1866.



Inhaltsverzeichniß des zwölften Bandes.

I. Sachregister.

[Die Zahlen zeigen die Seitenzahlen an; (m. A.) bedeutet mit Abbildungen auf den lithographirten Tafeln; (m. H.) mit eingedruckten Holzschnitten.]

II. Namenregister.

III. Register über die Abbildungen.

Versuche über die Ausströmung der Luft unter hohem Drucke durch Mundstücke und Röhren von verschiedenen Formen und Dimensionen,

angestellt im Sommer 1856

vom

Bergrath Prof. Dr. **Julius Weisbach.**

(Hierzu Tafel 1.)

---

§ 1. Nachdem über 9 Jahre verflossen sind, seitdem ich die Versuche über das Ausströmen der atmosphärischen Luft ausgeführt, und nachdem 6 Jahre vorübergegangen sind, seit ich im fünften Band (1859) dieser Zeitschrift vorläufige Mittheilungen über die Ergebnisse derselben veröffentlicht habe, ist es mir erst jetzt möglich, die vollständig berechneten Resultate derselben der Oeffentlichkeit zu übergeben. Obgleich auf die Ausführung der Versuche nur eine Zeit von 3 Wochen verwendet worden ist, so haben doch die Berechnungen derselben einen viel größeren Aufwand an Zeit nöthig gemacht. Um diesen Berechnungen eine große Sicherheit zu verschaffen, habe ich dieselben, nachdem sie schon theils von mir, theils von Herrn Carl Kellerbauer in München vollzogen worden waren, vom Herrn Bergrechnungsrevisor Carl H. Richter in Altenberg neu ausführen, auch von Demselben die nöthigen Vergleichungen und Correctionen, sowie das Ganze in Tabellen zusammenstellen lassen. Herr Richter ist ausgezeichneter und höchst gewissenhafter, sowie auch sachkundiger Rechner; ich habe deshalb zu den Resultaten seiner Berechnungen das beste Zutrauen. Uebrigens waren zu diesen Berechnungen noch einige Hilfstabellen nöthig, an deren Berechnung sich gefälligst die Herren Carl F. Ebert und Ernst Kästner in Zwickau, sowie Herr C. Kellerbauer in München betheiligt haben, und welche später von Herrn Willkomm in Freiberg neu berechnet, ergänzt und zusammengestellt worden sind. Die aus dieser Zusammenstellung hervorgegangene Haupttabelle ist im Folgenden Tab. A. Die Berechnungen der Versuche selbst, wobei Tab. A zum Grunde gelegt worden ist, enthalten die folgenden vom Herrn C. Richter zusammengestellten Tabellen: Tab. B, Tab. C, Tab. D, Tab. E und Tab. F.

§ 2. Bei Ausführung der Versuche bin ich von den Herren H. Bugdoll, C. F. M. Menzel, J. G. C. G. Müller, C. M. Neuschild und Stifft, damals Studirenden an der hiesigen Bergacademie, sowie von Herrn Professor Junge und meinem Sohne vielfach unterstützt worden; Mehrere von diesen Herren haben zum Gelingen der Versuche wesentlich beigetragen. Möge das Bewußtsein, dadurch etwas Nützliches gefördert zu haben, sie dafür belohnen! Auch ich will mich damit zu trösten suchen, denn ich kann gestehen: diese Versuche haben mir nicht wenig Sorge gemacht, viel Zeit in Anspruch genommen und einen ansehnlichen Geldaufwand verursacht. Ich bin doch wenigstens so glücklich, die Resultate dieser umfänglichen Versuche noch bei Lebzeiten veröffentlichen zu können; ob ich auch noch das seit mehreren Jahrzehnten aufgehäufte Material von andern Versuchen in der Hydraulik, nur zum großen Theil vollständig bearbeitet, werde der Oeffentlichkeit selbst je übergeben können, möchte kaum wahrscheinlich sein!

§ 3. Die Versuche über das Ausströmungsgesetz der Luft sind mit nur kurzen Unterbrechungen in der Zeit vom 8. bis 29. September 1856 im Hofe des Königl. Amalgamirwerks zu Halsbrücke bei Freiberg zur Ausführung gekommen. Zu denselben wurde der in Fig. 1, Tab. I, axonometrisch abgebildete Dampfkessel AB von 5 Meter Länge und $1^1/_4$ Meter Weite angewendet, welchen mir die Ver-

Verwaltung der Grube „Vereinigtfeld" bei Erbisdorf zu diesem Zwecke gütigst geliehen hatte. Derselbe mußte auf einem großen Wagen durch 4 Pferde von Vereinigtfeld nach Halsbrücke — nahe 2 Meilen weit — hin- und natürlich später auch wieder zurückgeschafft werden. Zum Speisen dieses, als Ausflußapparat dienenden Kessels ließ sich das im Hofe des Amalgamirwerkes befindliche, bei Ausbruch eines Feuers als Feuerspritze dienende Druckwerk sehr gut verwenden, indem man dasselbe als Druckpumpe benutzte, und zu diesem Zwecke die comprimirte Luft mittels des Rohres CD aus dem Windkessel des Druckwerkes in den Ausströmungskessel AB leitete. Um den Kessel AB während des Ausflusses der Luft luftdicht vom Druckwerk abzusperren, wurde ein genau eingeschliffenes Kegelventil, welches im Gehäuse E saß, durch eine Schraube S und mittels einer Kurbel K sehr stark auf seinen Sitz aufgedrückt. Das Loch L, in welches die Mundstücke M zu sitzen kamen, war durch einen genau abgeschliffenen Messingring von 5 Centimeter lichter Weite gebildet, und die Mundstücke, wie z. B. M, Fig. 2, erhielten einen Messingkranz RR, welcher mittels eines Preßringes TT durch drei Schrauben, wie U, U, fest und luftdicht auf die Stirnfläche des Ringes L aufgedrückt wurde. Zur Beobachtung des Druckes und der Temperatur der äußeren Luft diente ein im Schatten aufgehangenes Barometer sammt Thermometer. Ein in den Kessel hineinreichendes Thermometer H, Fig. 1, gab die Temperatur der Luft im Innern dieses Gefäßes an, und der Ueberdruck derselben wurde mittels eines Piezometers FG bestimmt, welches durch eine Bleiröhre W mit dem Innern des Ausflußgefäßes AB in Verbindung stand. Das eiserne Gefäß G des Piezometers hatte, bei einer lichten Höhe von 7 Centimetern, eine lichte Weite von 5 Centimetern, während die Glasröhre FG bei einer Länge von 2 Metern, nur 4 Millimeter weit war. Je nachdem die Füllung dieses Piezometers aus Quecksilber oder aus Wasser bestand, waren wegen der Capillarität entweder zu dem beobachteten Piezometerstand entweder 2 Millimeter zu addiren, oder von demselben 4,5 Millimeter zu subtrahiren. Neben der Glasröhre war eine in Millimeter getheilte Messingscala auf einer hölzernen Latte NO angebracht, welche an einem senkrecht aufgerichteten Brete PQ ihre feste Unterstützung fand. Um die Communication zwischen dem Luftreservoir AB und dem Piezometergefäße G nach Belieben herstellen und aufheben zu können, war die gekröpfte Messingröhre, mittels welcher die Bleiröhre W an das Gefäß anschloß, mit einem Hahne versehen.

§ 4. Bei Ausführung der Versuche mußte auf die Veränderlichkeit des Druckes der Luft im Kessel, wenn auch derselbe vollständig abgeschlossen war, eine besondere Aufmerksamkeit verwendet werden. Nachdem der Kessel mit comprimirter Luft angefüllt und das Zutrittsventil geschlossen war, ließ sich noch kein bestimmter Piezometerstand ablesen; derselbe war dann in einem stetigen Abnehmen begriffen, sank allmälig um mehrere Centimeter und blieb erst nach circa 10 Minuten Zeit auf einem gewissen Stand stehen. Diese Veränderlichkeit hatte ihren Grund in der mit der schnellen Zusammenpressung der Luft verbundenen Erwärmung derselben. Nach Beendigung der Einführung der Luft in den Kessel floß die Wärme derselben durch die Gefäßwand allmälig nach außen ab, bis zuletzt ein Gleichgewicht zwischen der Temperatur der inneren und der äußeren Luft eintrat. Dann blieb auch der Manometerstand constant, so lange die Ausflußöffnung verschlossen war. Um die Abkühlung der eingepreßten Luft zu beschleunigen, ließ man auch wohl schon vor dem Versuche eine kleine Luftmenge durch das Mundstück ausströmen. Es ließ sich daher auch annehmen, daß bei Beginn des Versuchs, d. i. bei Eröffnen der Ausflußöffnung, die Temperatur der inneren Luft gleich der der äußeren, und der Ueberdruck der innern Luft über den der äußeren durch den Stand h des Piezometers angezeigt wurde. Am Ende der Ausflußzeit t, nachdem also die Ausströmungsmündung wieder verschlossen war, trat das Entgegengesetzte ein; es sank von diesem Augenblicke an der Piezometerstand h_1 allmälig immer mehr und mehr und blieb erst nach 10 bis 15 Minuten auf einer gewissen Höhe h_2 stehen. Der Grund dieser Erscheinung liegt darin, daß die Luft im Innern des Kessels während der doch nur kurzen Ausflußzeit mit der Verminderung der Pressung auch eine ansehnliche Abnahme der Temperatur erlitten hat, daß deshalb am Ende des Versuchs die Temperatur der Luft im Reservoir bedeutend geringer ist, als die Temperatur der äußeren Luft. Diese Temperaturverschiedenheit wird nun am Ende des Versuchs durch die Wärme, welche von außen durch die Gefäßwände in den inneren Gefäßraum eindringt, wieder ausgeglichen, und es bleibt schließlich, wenn sich die Wärme wieder in's Gleichgewicht gesetzt hat, das Piezometer auf einer bestimmten Höhe h_2 stehen. Das Thermometer konnte diesen Temperaturwechsel nur unvollkommen nachweisen, weil es die Wärme nicht schnell genug aufnahm.

Dieses Abkühlungsverhältniß habe ich auch benutzt, um das Verhältniß k der specifischen Wärme der Luft bei constantem Drucke zur specifischen Wärme derselben bei constantem Volumen zu ermitteln. Die Ergebnisse dieser Nebenversuche habe ich in einer besonderen Abhandlung in Band V, Heft 2 dieser Zeitschrift veröffentlicht. Nach denselben ist $k = 1{,}4025$, während nach der Formel für die Schallgeschwindigkeit $k = 1{,}4122$ sein müßte.

Eine weit größere Abkühlung ist aber bei der ausströmenden Luft selbst beobachtet worden. Hatte ich z. B. das messingene Mundstück mit einem nassen Bindfaden um-

wunden, so konnte ich binnen einigen Secunden schon das sich aus dem Wasser gebildete Eis von demselben mit dem Messer abschaben.

§ 5. Da während der Veränderung des Piezometerstandes von h_1 in h_2 das Luftquantum unverändert bleibt, so gilt auch die Formel

$$\frac{1+\delta\tau_1}{1+\delta\tau} = \frac{b+h_1}{b+h_2},$$

worin b den Barometerstand, $\delta = 0{,}00367$ den Ausdehnungscoefficienten der Luft, τ die Temperatur der äußeren Luft und τ_1 die der inneren Luft am Ende der Ausflußzeit t bezeichnen. Hiernach ist

$$1+\delta\tau_1 = \left(\frac{b+h_1}{b+h_2}\right)(1+\delta\tau) = \left(1-\frac{h_2-h_1}{b+h_2}\right)(1+\delta\tau),$$

und daher für die mittlere Temperatur τ_m eines Versuches, annähernd, da h_2 nur wenig von h_1 abweicht,

$$1+\delta\tau_m = \left(1-\frac{h_2-h_1}{2\,(b+h_1)}\right)(1+\delta\tau),$$

sowie

$$\sqrt{1+\delta\tau_m} = \left(1-\frac{h_2-h_1}{4\,(b+h_1)}\right)\sqrt{1+\delta\tau} = (1-\psi)\sqrt{1+\delta\tau},$$

wenn man $\frac{h_2-h_1}{4\,(b+h_1)}$ mit ψ bezeichnet.

Das mit comprimirter Luft angefüllte Ausflußgefäß, dessen Fassungsraum mit V_0 bezeichnet werde, enthält anfangs bei der Pressung $b+h$ das auf den äußeren Luftdruck reducirte Luftquantum

$$V_1 = \left(\frac{b+h}{b}\right)V_0,$$

und am Ende des Versuchs, wo nach Herstellung des Gleichgewichtes zwischen der äußeren und inneren Temperatur der Piezometerstand h_2 geworden ist, das eben dahin reducirte Luftquantum

$$V_2 = \left(\frac{b+h_2}{b}\right)V_0;$$

es ist daher, während des Ausflusses, das Luftquantum

$$V = V_1 - V_2 = \left(\frac{h-h_2}{b}\right)V_0 \text{ ausgeflossen.}$$

Ist nun die auf dem Wege der Theorie bestimmte Ausflußmenge während der Ausflußzeit t, Qt, so hat man den der Ausflußmündung entsprechenden Ausflußcoefficienten

$$\mu = \frac{V}{Qt} = \frac{V_1-V_2}{Qt} = \frac{(h-h_2)\,V_0}{Qtb}.$$

Der Fassungsraum des Kessels ist durch Anfüllung desselben mit Wasser und Aichung des Füllwassers in einem Kasten von bestimmtem Inhalt, $V_0 = 4{,}6720$ Cubikmeter gefunden worden. Zur Bestimmung der mittleren Ausflußmenge Q p. sec. sind bis jetzt verschiedene Formeln angewendet worden, welche hier einer besonderen Prüfung unterzogen werden mögen.

§ 6. Wenn sich beim Ausflusse die Luft genau so wie das Wasser verhielte, und die ausströmende Luft die Dichtigkeit γ der äußeren Luft hätte, so wäre die Ausflußgeschwindigkeit v durch die Formel

$$v = \sqrt{2g\left(\frac{p_1-p}{\gamma}\right)} = \sqrt{2g\left(\frac{p_1}{p}-1\right)\frac{p}{\gamma}}$$

zu bestimmen, worin g das Beschleunigungsmaaß 9,81 Meter der Schwere, p_1 die innere, sowie p die äußere Pressung und γ die Dichtigkeit der ausströmenden Luft bezeichnet. Nun ist aber für das metrische Maaß und Gewicht $\frac{p}{\gamma} = 7954\,(1+0{,}00367\,\tau)$, wenn τ die Temperatur der im Reservoir eingeschlossenen Luft bezeichnet, daher folgt hiernach die Ausflußgeschwindigkeit

$$v = \sqrt{2g\,.\,7954\,(1+0{,}00367\,\tau)\left(\frac{p_1}{p}-1\right)}$$
$$= 395\sqrt{(1+0{,}00367\,\tau)\left(\frac{p_1}{p}-1\right)} \text{ Meter.}$$

Bezeichnet nun F den Inhalt der Ausmündung, so hat man hiernach die unter dem Drucke p_1 in die freie Luft vom Drucke p ausströmende Luftmenge p. sec. von der Pressung p und Temperatur τ:

$$1)\quad Q = Fv = 395F\sqrt{(1+0{,}00367\,\tau)\left(\frac{p_1}{p}-1\right)} \text{ Cubikmeter.}$$

Nimmt man dagegen an, daß die ausströmende Luft die innere Pressung p_1 habe, so wäre

$$v = \sqrt{2g\left(\frac{p_1-p}{\gamma_1}\right)} = \sqrt{2g\frac{p_1}{\gamma_1}\left(1-\frac{p}{p_1}\right)}$$
$$= 395\sqrt{(1+0{,}00367\,\tau)\left(1-\frac{p}{p_1}\right)} \text{ Meter,}$$

ferner die unter dem inneren Drucke gemessene Ausflußmenge p. sec.

$$Q_1 = 395F\sqrt{(1+0{,}00367\,\tau)\left(1-\frac{p}{p_1}\right)},$$

und das unter dem äußeren Drucke gemessene Ausflußquantum:

$$2)\quad Q = \frac{p_1}{p}Q_1 \text{ Cubikmeter}$$
$$= 395F\sqrt{(1+0{,}00367\,\tau)\frac{p_1}{p}\left(\frac{p_1}{p}-1\right)}.$$

Wenn während des Ausflusses nicht allein die innere Pressung p_1 allmälig in die äußere Pressung p, sondern auch die innere Dichtigkeit γ_1, dem Mariotte'schen Gesetze folgend, allmälig in die äußere Dichtigkeit übergeht,

also $\frac{\gamma_1}{\gamma} = \frac{p_1}{p}$ ist, so hat man die mechanische Arbeit, welche beim Umsetzen der Pressung p_1 des Luftquantums $Q\gamma$ in p frei und auf die Erzeugung der Ausflußgeschwindigkeit v verwendet wird:

$$Q\gamma \cdot \frac{v^2}{2g} = Qp \text{ Log. nat.} \left(\frac{p_1}{p}\right)$$

(s. die Ingenieur- und Maschinenmechanik, Band I, § 388 und § 460); es ist hiernach

$$v = \sqrt{2g \frac{p}{\gamma} \text{ Log. nat.} \left(\frac{p_1}{p}\right)}$$

$$= 395 \sqrt{(1 + 0{,}00367\,\tau) \text{ Log. nat.} \left(\frac{p_1}{p}\right)},$$

und daher

$$3) \quad Q = 395\,F \sqrt{(1 + 0{,}00367\,\tau) \,.\, \text{Log. nat.} \left(\frac{p_1}{p}\right)}.$$

§ 7. Da, wie auch die Versuche in auffallender Weise dargethan haben, die Luft beim Ausströmen nicht allein eine Pressungs-, sondern auch eine Temperaturveränderung erleidet, so ist zu erwarten, daß keine der vorstehenden Formeln ganz mit den Ergebnissen der Versuche übereinstimmt, und deshalb nöthig, eine andere Formel aufzusuchen, welche dieser Temperaturveränderung beim Ausströmen der Luft Rechenschaft trägt.

Bezeichnet **k** das Verhältniß 1,42 der specifischen Wärme der Luft bei gleichem Drucke zu der bei gleichem Volumen derselben, so ist nach dem Poisson'schen Gesetze:

$$\frac{p_1}{p} = \frac{1+\delta\tau_1}{1+\delta\tau} \cdot \frac{\gamma_1}{\gamma} = \left(\frac{\gamma_1}{\gamma}\right)^k = \left(\frac{1+\delta\tau_1}{1+\delta\tau}\right)^{\frac{k}{k-1}},$$

wobei p_1 und γ_1 der Temperatur τ_1, sowie p und γ der Temperatur τ angehören.

Hiernach läßt sich nun die bei einer gegebenen plötzlichen Pressungsveränderung entstehende Temperaturveränderung berechnen.

Es ist

$$\frac{1+\delta\tau_1}{1+\delta\tau} = \left(\frac{p_1}{p}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{p_1}{p}\right)^{\frac{0{,}42}{1{,}42}} = \left(\frac{p_1}{p}\right)^{\frac{21}{71}}$$

$$= \left(\frac{p_1}{p}\right)^{0{,}29577}.$$

Z. B. für $p_1 = \frac{3}{2}p$, und $\tau_1 = 10$ Grad

$1 + \delta\tau = 1{,}0367 \left(\frac{2}{3}\right)^{0{,}29577} = 0{,}91954$, daher

$$\tau = \frac{0{,}91954 - 1}{0{,}00367} = -\frac{0{,}08046}{0{,}00367} = -\frac{8046}{367}$$

$$= -21{,}9 \text{ Grad.}$$

Die Arbeit, welche frei wird, wenn das Luftquantum Q_1 von der Pressung p_1 auf die Pressung Q zurückgeführt wird, ist durch die Formel

$$A = \frac{k}{k-1}\left(1 - \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right) Q_1 p_1$$

bestimmt (siehe „die Ingenieur- und Maschinen-Mechanik", Bd. 2, § 348).

Wird nun diese Arbeit auf die Erzeugung der Ausflußgeschwindigkeit v verwendet, so hat man zu setzen

$$Q_1\gamma_1 \frac{v^2}{2g} = \frac{k}{k-1}\left(1 - \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right) Q_1 p_1,$$

und daher

$$v = \sqrt{2g \frac{p_1}{\gamma_1} \frac{k}{k-1}\left(1 - \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right)}.$$

Hieraus folgt die unter dem Drucke p und mit einer gewissen Dichtigkeit γ ausströmende Windmenge:

$$Q_2 = \mu F v = \mu F \sqrt{2g \frac{p_1}{\gamma_1} \frac{k}{k-1}\left(1 - \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right)}.$$

Nun ist aber

$$\frac{\gamma}{\gamma_1} = \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{1}{k}},$$

daher folgt die auf die innere Dichtigkeit reducirte Ausflußmenge:

$$Q_1 = \frac{\gamma}{\gamma_1} Q_2 = \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{1}{k}} Q_2$$

$$= F\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{1}{k}} \sqrt{2g \frac{p_1}{\gamma_1} \frac{k}{k-1}\left(1 - \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right)},$$

und es ergiebt sich schließlich das unter dem äußeren Drucke gemessene Windquantum

$$Q = \frac{p_1}{p} Q_1 = \left(\frac{p_1}{p}\right)^{\frac{k-1}{k}} Q_2$$

$$= F\left(\frac{p_1}{p}\right)^{\frac{k-1}{k}} \sqrt{2g \frac{p_1}{\gamma_1} \frac{k}{k-1}\left(1 - \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right)}$$

$$= F \sqrt{2g \frac{p_1}{\gamma_1} \cdot \frac{k}{k-1}\left(\frac{p_1}{p}\right)^{\frac{k-1}{k}}\left(\left(\frac{p_1}{p}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1\right)},$$

d. i.

$$4) \quad Q = 395\,F \sqrt{(1 + 0{,}00367\,\tau)\frac{k}{k-1}\left(\frac{p_1}{p}\right)^{\frac{k-1}{k}}\left(\left(\frac{p_1}{p}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1\right)} \text{ Cubikmeter.}$$

§ 8. Wenn man in den vorstehenden Formeln für die unter dem äußeren Luftdruck p und unter der inneren Temperatur τ gemessene Ausflußmenge Q das Verhältniß $\frac{p_1}{p}$ durch x, sowie den constanten Factor

$$395\,F\sqrt{1+0{,}00367\,\tau}$$

durch C bezeichnet, so erhält man folgende einfachere Ausdrücke:

1) $Q = C\sqrt{x-1}$,
2) $Q = C\sqrt{x\,(x-1)}$,
3) $Q = C\sqrt{\text{Log. nat. } x}$,

und wenn man überdies noch $\frac{k-1}{k}$ durch n bezeichnet,

4) $Q = C\sqrt{\frac{1}{n}\,x^n\,(x^n-1)}$,

wofür wir allgemein:

$$Q = Cy$$

setzen wollen.

Die Curven, welche den Gleichungen

$$y_1 = \sqrt{x-1},\quad y_2 = \sqrt{x\,(x-1)},\quad y_3 = \sqrt{\text{Log. nat. } x}$$

$$\text{und}\quad y_4 = \sqrt{\frac{1}{n}\,x^n\,(x^n-1)}$$

entsprechen, sind in Fig. 3 dargestellt und mit B_1, B_2, B_3 und B_4 bezeichnet. Sie fangen sämmtlich in dem Punkte A an, welcher $x = 1$, und $y = 0$ entspricht. Für $x = 2{,}0$ fällt z. B.

$$y_1 = \sqrt{1} = 1,$$
$$y_2 = \sqrt{2\,.\,1} = 1{,}414,$$
$$y_3 = \sqrt{\text{Log. nat. } 2} = \sqrt{0{,}6931} = 0{,}8325$$

aus, und setzt man überdies

$$n = \frac{k-1}{k} = \frac{0{,}42}{1{,}42} = \frac{21}{71} = 0{,}29577,$$

oder annähernd $n = 0{,}3$, so ist

$$y_4 = \sqrt{\frac{10}{3}\,2^{0{,}3}\,(2^{0{,}3}-1)} = \sqrt{0{,}41038\,.\,0{,}23114}$$
$$= 0{,}97394.$$

Für $x = 1{,}2$ hat man dagegen

$$y_1 = \sqrt{0{,}2} = 0{,}4472,$$
$$y_2 = \sqrt{0{,}24} = 0{,}4899,$$
$$y_3 = \sqrt{\text{Log. nat. } 1{,}2} = 0{,}4270,\ \text{und}$$
$$y_4 = \sqrt{\frac{10}{3}\,1{,}2^{0{,}3}\,(1{,}2^{0{,}3}-1)} = 0{,}4449.$$

Man ersieht aus der hiernach angefertigten bildlichen Darstellung in Fig. 3, daß sich die Curve AB_1, welche der ersten Formel entspricht, nur wenig über der Curve AB_4, welche der letzten Formel angehört, hinzieht, und daß nur bei größeren Werthen von x der Abstand beider Curven von einander mehr hervortritt; auch geht hieraus hervor, daß die Curve AB_2, welche der zweiten Gleichung entspricht, bedeutend über, und die Curve AB_3, welche der dritten Gleichung angehört, beträchtlich unter den beiden ersten Curven hinzieht.

§ 9. Die Formel $\mu Q t = \left(\frac{h-h_2}{b}\right) V_0$ in § 5, wonach $\mu t = \left(\frac{h-h_2}{b}\right)\frac{V_0}{Q} = \frac{(h-h_2)\,V_0}{bCy}$

$$= \frac{(h-h_2)\,V_0}{bC}\cdot\frac{1}{y}$$

ist, findet auch hier, in dem Falle, wenn die Ordinate y variabel ist, ihre Anwendung, nur hat man statt $\frac{1}{y}$ das Mittel aller Werthe von $\frac{1}{y}$ einzuführen, welche auf dem Intervall $x_2 - x_1$ vorkommen. Dieser Mittelwerth ist jedenfalls die Höhe eines Flächenstückes S von der Grundlinie $x_2 - x_1$ und der veränderlichen Höhe $z = \frac{1}{y}$, also $= \frac{S}{x_2 - x_1}$, folglich

$$\mu t = \frac{(h-h_2)\,V_0}{bC}\cdot\frac{S}{x_2-x_1}.$$

Es läßt sich zwar S mittels Integration der bekannten Formel $dS = z\,dx = \frac{dx}{y}$ finden; da man es aber hier mit ganzen Reihen zu thun hat, ist es zweckmäßiger, S auf geometrischem Wege durch Annäherung zu ermitteln. Ist dann A_1 der Flächenraum über x_1, und A_2 der über x_2, so hat man $S = A_2 - A_1$. Da für $x = 1$, $y = 0$, und daher $z = \frac{1}{y} = \infty$ ausfällt, so ist es nöthig, die Flächenräume S nicht mit $x = 0$, sondern mit irgend einem endlichen Werthe von x beginnen zu lassen. Es bleibt dann immer $S = A_2 - A_1$. Natürlich ist aber $S = A_1 - A_2$ zu setzen, wenn man von einem entfernteren Punkte aus die Flächenräume A_1 und A_2 in umgekehrter Richtung mißt.

Aus der Basis $x_2 - x_1$ und der über derselben stehenden Fläche $S = A_1 - A_2$ kann man nun mittels der Formel

$$\mu = \frac{(h-h_2)\,V_0}{bCt}\cdot\frac{A_1-A_2}{x_2-x_1} = \frac{(h-h_2)\,V_0}{bCt}\cdot\frac{A_2-A_1}{x_1-x_2}$$

den Ausflußcoefficienten μ des Mundstückes berechnen, durch welches der Ausfluß stattgehabt hat.

§ 10. Während in der graphischen Darstellung Fig. 3, AB_1, AB_2 ... die den Gleichungen $y = \sqrt{x-1}$, $y = \sqrt{x\,(x-1)}$ u. s. w. entsprechenden Curven darstellen, führen die Züge D_1E, D_2E ... diejenigen Curven vor Augen, welche den Gleichungen

$$z = \frac{1}{y} = \frac{1}{\sqrt{x-1}},\quad z = \frac{1}{\sqrt{x\,(x-1)}}\quad \text{u. s. w.}$$

zukommen. Die Basis AC dieser Curven nimmt mit $x=1$ ihren Anfang in A, und endigt sich in C mit $x=2{,}5$. Man ersieht, daß mit wachsendem x das erste Curvensystem immer mehr und mehr steigt und das zweite dagegen immer mehr und mehr fällt. Sind AM und AN die beiden Abscissen x_1 und x_2, ist also $MN = x_2 - x_1$, so wird die Größe S durch die Fläche MNPO dargestellt, deren mittlere Höhe $z = \frac{S}{x_2 - x_1}$ ist, und welche als die Differenz $A_1 - A_2$ der Flächenräume $CDOM = A_1$ und $CDPN = A_2$ angesehen werden kann. Diese Flächenräume sind durch Vereinigung von schmalen Streifen, und zwar mittels der Simpson'schen Regel gefunden worden. Man ist hierbei von $x = 2{,}50$ ausgegangen; hat hierauf $x = 2{,}49$, sowie $x = 2{,}48$ u. s. w. angenommen, die Inhalte der zugehörigen Streifen von 0,01 Breite berechnet, und dieselben nach und nach durch Addition vereinigt. Da die Ordinaten $z = \frac{1}{y}$ sehr groß werden, wenn sich x der Einheit nähert, so erfordert die Genauigkeit, daß für solche Werthe von x, z. B. für $x = 1{,}20$ u. s. w., die Breite der Streifen oder das Intervall zwischen zwei benachbarten Abscissen nur auf 0,005 steigt.

Die Tabelle A giebt eine Zusammenstellung der nach den vier verschiedenen Grundformeln berechneten Werthe von y und $z = \frac{1}{y}$, sowie von den zugehörigen Werthen von A_1 und A_2. Mit Hilfe derselben ist auch die graphische Darstellung in Fig. 3 angefertigt worden.

In der ersten Columne dieser Tabelle sind die Werthe der Abscissen x oder des Verhältnisses $\frac{p_1}{p}$ der inneren Pressung p_1 zur äußeren Pressung angegeben. Die zweite Columne enthält die entsprechenden, nach Formel I. berechneten Ordinaten y, sowie die dritte die entsprechenden Ordinaten z, und die vierte giebt die zugehörigen Flächenräume A an, welche mit $x = 2{,}5$ anfangen, und natürlich immer größer und größer werden, je kleiner x ist. Die folgenden drei Columnen enthalten die aus Formel II. hervorgegangenen Werthe von y, z und A, sowie die sich weiter anschließenden drei Columnen die der Formel III., und die zuletzt folgenden Columnen die der Formel IV. entsprechenden Werthe von y, z und A. Die letzte Columne giebt endlich noch die Differenzen der benachbarten Werthe von A in der vorletzten Columne an. Den Gebrauch dieser Tabelle wird folgendes Beispiel erläutern. Der Abscisse $x_1 = 2{,}100$ entspricht nach Formel I. der Flächenraum $A_1 = 0{,}351872$, und der Abscisse $x_2 = 1{,}600$ die Fläche $A_2 = 0{,}900301$; folglich ist der Inhalt des Flächenstücks über der Grundlinie $x_1 - x_2 = 2{,}100 - 1{,}600 = 0{,}500$,

$$S = A_2 - A_1 = 0{,}900301 - 0{,}351872 = 0{,}548429.$$

Nach Formel II. wäre dagegen

$S = 0{,}638018 - 0{,}232498 = 0{,}405520$, ferner nach Formel III.:

$S = 1{,}082354 - 0{,}439227 = 0{,}643127$,

und nach Formel IV.:

$S = 0{,}924673 - 0{,}363950 = 0{,}560723$.

Man sieht hier von Neuem, daß die Resultate der Formel I. und IV. einander am nächsten stehen.

§ 11. Die Mundstücke, welche zu den Versuchen über die Ausströmung der Luft angewendet worden sind, waren größtentheils dieselben, welche ich bei meinen Versuchen über den Ausfluß des Wassers unter hohem Drucke angewendet hatte. Von den letzteren Versuchen habe ich bereits im 9. Bande dieser Zeitschrift (1863) die Beschreibung und vollständig berechneten Ergebnisse veröffentlicht.

Diese Mundstücke waren

1) Mündungen M, Fig. 4 und Fig. 5, in der dünnen ebenen Wand RR, von verschiedenen Weiten, zum Theil mit Einfassungswänden, wie W in Fig. 5.
2) Kreismündungen M, Fig. 6, in der conisch convergenten, sowie Kreismündungen M, Fig. 7 und Fig. 8, in der conisch divergenten Wand, von circa 1 Centimeter Weite.
3) Gut abgerundetes conoidisches Mundstück RMR, Fig. 9, von nahe 1 Centimeter Mündungsweite.
4) Kurze cylindrische Ansatzröhren, wie LM, Fig. 10, von verschiedenen Längen und Weiten, auch eine dergleichen, wie Fig. 11, mit innerer Abrundung.
5) Conisch convergente Ansatzröhren, von verschiedenen Weiten und Längen, mit und ohne Abrundung an der Einmündungsstelle, wie Fig. 2, Fig. 12 und Fig. 13.
6) Mehrere lange gerade Röhren aus Messing, Zink und Glas von verschiedenen Längen und Weiten. Dieselben waren bei den Versuchen zwischen einem cylindrischen Einmündungsstück, wie LM, Fig. 14, und einem cylindrischen Ausmündungsstück, wie MF, eingeschaltet. Aus den Ergebnissen der Versuche mit den so zusammengesetzten Röhren und aus den mit den Doppelröhren LF, Fig. 14, konnte man den Reibungswiderstand der interpolirten einfachen Röhre bestimmen.
7) Statt der langen Röhren wurden auch noch einfache Knie- und Kropfröhren, wie z. B. MN, Fig. 15, zwischen die kurze cylindrische Ansatzröhre und das cylindrische Ausmündungsstück eingesetzt. Aus dem Widerstand der ganzen Röhre LMNF, Fig. 15, und aus dem der Doppelröhre LMF, Fig. 14, ließ sich durch Subtraction der Widerstand des bloßen Kropfstückes u. s. w. berechnen.

§ 12. Ueber die Art und Weise, wie die Grundformel

$$\mu = \frac{(h-h_2)\,V_0}{bCt} \cdot \frac{A_2-A_1}{x_1-x_2}$$

bei Berechnung der Ausflußcoefficienten (μ) zu behandeln ist, und über die Constanten, welche man in diese Formel einzuführen hat, geben noch folgende Mittheilungen Aufschluß. Es ist $h-h_2$ die Differenz zwischen dem Piezometerstand bei Beginn des Versuches und dem am Ende desselben, nachdem die im Kessel zurückgebliebene Luft wieder die Temperatur der äußeren Luft angenommen hat; ferner ist $V_0 = 4{,}6720$ Cubikmeter der Fassungsraum des Kessels, b der Barometerstand, welcher noch mit 13,6 multiplicirt worden ist, wenn das Piezometer mit Wasser gefüllt war. Die Füllung des Piezometers mit Wasser kam nur bei kleinen Pressungen zur Anwendung, um die nöthige Genauigkeit im Ablesen der Piezometerstände zu erhalten. Der Factor $C = 395F\sqrt{1+0{,}00367\tau}$ im Divisor hängt natürlich vom Inhalt F der Ausflußöffnung und von der Temperatur τ der eingeschlossenen Luft ab, erfordert aber noch eine wesentliche Correction, weil die im Reservoir zurückbleibende Luft während des Ausströmens allmälig kälter und kälter wird, also im Mittel eine kleinere Temperatur τ_m hat, als die äußere Luft. Es ist deshalb die Ausflußmenge, reducirt auf die äußere Temperatur τ,

$$Q = \frac{1+\delta\tau}{1+\delta\tau_1} \cdot 395F\sqrt{1+\delta\tau_1} \cdot y$$

zu setzen, oder, da nach § 5 annähernd

$$\sqrt{1+\delta\tau_1} = (1-\psi)\sqrt{1+\delta\tau}, \text{ also}$$

$$\frac{1+\delta\tau}{1+\delta\tau_1} \cdot \sqrt{1+\delta\tau_1} = \frac{1+\delta\tau}{\sqrt{1+\delta\tau_1}} = \frac{1+\delta\tau}{(1-\psi)\sqrt{1+\delta\tau}}$$
$$= (1+\psi)\sqrt{1+\delta\tau} \text{ ist,}$$

$$Q = 395F(1+\psi)\sqrt{1+\delta\tau} \cdot y$$
$$= 395F\left(1+\frac{h_2-h_1}{4(b+h_1)}\right)\sqrt{1+\delta\tau} \cdot y,$$

und daher $C = 395(1+\psi)\sqrt{1+\delta\tau}\,F$ in die Rechnung einzuführen. Wegen Feuchtigkeit der Luft ist $\delta = 0{,}004$, und daher

$$C = 395(1+\psi)\sqrt{1+0{,}004\tau} \cdot F$$
$$= 395\left(1+\frac{h_2-h_1}{4(b+h_1)}\right)\sqrt{1+0{,}004\tau} \cdot F$$

gesetzt worden.

In der Formel für μ ist ferner t die beobachtete Ausflußzeit in Secunden, und es bezeichnen

$$x_1 = \frac{p_1}{p} = \frac{b+h}{b} \text{ und}$$
$$x_2 = \frac{p_2}{p} = \frac{b+h_1}{b},$$

die Pressungsverhältnisse vor dem Oeffnen und gleich nach dem Verschluß der Mündung.

Die diesen Abscissenwerthen entsprechenden Flächengrößen A_1 und A_2 sind aus der Tabelle A zu entnehmen.

Schließlich nimmt die Formel, wonach die Versuche zu berechnen sind, folgende Gestalt an:

$$\mu = \frac{(h-h_2)\,V_0}{bCt} \cdot \frac{A_2-A_1}{x_1-x_2}$$
$$= \frac{0{,}011827}{(1+\psi)\sqrt{1+0{,}004\tau} \cdot Ft} \cdot \frac{h-h_2}{b} \cdot \frac{A_2-A_1}{x_1-x_2}.$$

§ 13. Die wirkliche Berechnung der Versuche möge folgendes Beispiel vor Augen führen.

Der Ausfluß erfolgte durch eine Kreismündung in der dünnen Wand (Fig. 4), deren Durchmesser $d = 1{,}010$ Centimeter, und Flächeninhalt $F = \frac{\pi d^2}{4} = 0{,}8012$ Quadratcentimeter maaß. Bei der Lufttemperatur $\tau = 32$ Grad C. und dem Barometerstand $b = 0{,}7364$ Meter strömte in der Zeit $t = 70$ Secunden durch die Mündung F so viel Luft aus, daß der gehörig reducirte Piezometerstand $h = 1{,}0210$ Meter in $h_1 = 0{,}6775$ Meter überging. Nach dem Verschluß der Mündung stieg aber der Piezometerstand auf $h_2 = 0{,}7160$ Meter. Es ist hier

$$\psi = \frac{h_2-h_1}{4(b+h_1)} = \frac{0{,}7160-0{,}6775}{4.(0{,}7364+0{,}6775)} = \frac{0{,}0385}{4.1{,}4139}$$
$$= 0{,}0068, \text{ ferner}$$

$$\sqrt{1+0{,}004\tau} = \sqrt{1+0{,}004.32} = \sqrt{1{,}128} = 1{,}0621,$$

$$Ft = 0{,}00008012 . 70 = 0{,}0056084, \text{ und}$$

$$\frac{h-h_2}{b} = \frac{1{,}0210-0{,}7160}{0{,}7364} = \frac{0{,}3050}{0{,}7364} = 0{,}41418,$$

daher

$$\mu = \frac{0{,}011827}{1{,}0068.1{,}0621} \cdot \frac{0{,}41418}{0{,}0056084} \cdot \frac{A_2-A_1}{x_1-x_2}$$
$$= 0{,}8168\,\frac{A_2-A_1}{x_1-x_2}.$$

Nun ist noch

$$x_1 = \frac{p_1}{p} = \frac{b+h}{b} = 1+\frac{1{,}0210}{0{,}7364} = 2{,}38647, \text{ und}$$
$$x_2 = \frac{p_2}{p} = \frac{b+h_1}{b} = 1+\frac{0{,}6778}{0{,}7364} = 1{,}92002,$$

daher $x_1 - x_2 = 0{,}46645$ und

$$\mu = \frac{0{,}8168}{0{,}46645}(A_2-A_1) = 1{,}75110\,(A_2-A_1).$$

I. Legt man die Formel $y = \sqrt{x-1}$ zum Grunde, so giebt die Tabelle A, I. durch Interpolation für $x_1 = 2{,}38647$,

$$A_1 = 0{,}100022 - \frac{647}{1000}(0{,}100022-0{,}091525)$$
$$= 0{,}100022 - 0{,}647 . 0{,}008497 = 0{,}094525,$$

sowie für $x_2 = 1{,}92002$,

$$A_2 = 0{,}531158 - \frac{2}{1000}(0{,}531158 - 0{,}520761)$$
$$= 0{,}531158 - 0{,}000021 = 0{,}531137;$$

es ist daher $A_2 - A_1 = 0{,}531137 - 0{,}094525 = 0{,}436612$, und der gesuchte Ausflußcoefficient

$$\mu = 1{,}7511 \,.\, 0{,}43661 = 0{,}7646.$$

II. Legt man die zweite Formel $y = \sqrt{x(x-1)}$ zu Grunde, so ist dagegen nach Tabelle A, II.:

$$A_1 = 0{,}064042 - 0{,}647\,(0{,}064042 - 0{,}058540)$$
$$= 0{,}064042 - 0{,}003560 = 0{,}060482, \text{ und}$$
$$A_2 = 0{,}359029 - 0{,}002\,(0{,}359029 - 0{,}351536)$$
$$= 0{,}359029 - 0{,}000016 = 0{,}359013, \text{ sowie}$$
$$A_2 - A_1 = 0{,}298531, \text{ und}$$
$$\mu = 1{,}7511 \,.\, 0{,}29853 = 0{,}5228.$$

III. Bei Zugrundelegung der Formel $y = \sqrt{\text{Log. nat.}\, x}$ ist nach Tabelle A, III.:

$$A_1 = 0{,}127076 - 0{,}647 \,.\, 0{,}010726$$
$$= 0{,}127076 - 0{,}006940 = 0{,}120136,$$
$$A_2 = 0{,}654819 - 0{,}002 \,.\, 0{,}01236 = 0{,}654794,$$

daher folgt hiernach

$$\mu = 1{,}7511\,(A_2 - A_1)$$
$$= 1{,}7511 \,.\, 0{,}534658 = 0{,}9363.$$

IV. Endlich ist bei Zugrundelegung der Formel

$$y = \sqrt{\frac{10}{3} x^{0,3}(x^{0,3} - 1)} \text{ nach Tabelle A, IV.:}$$

$$A_1 = 0{,}103820 - 0{,}647 \,.\, 0{,}008808$$
$$= 0{,}103820 - 0{,}005699 = 0{,}098121, \text{ sowie}$$
$$A_2 = 0{,}548070 - 0{,}002 \,.\, 0{,}010656$$
$$= 0{,}548049, \text{ und}$$
$$A_2 - A_1 = 0{,}449928,$$

daher der entsprechende Ausflußcoefficient

$$\mu = 1{,}7511 \,.\, 0{,}449928 = 0{,}7879.$$

Während sich hiernach die nach Formel I. und Formel IV. berechneten Werthe $\mu = 0{,}7646$ und $0{,}7879$ des Ausflußcoefficienten für eine Kreismündung in der dünnen Wand nähern, fällt dagegen der nach Formel II. berechnete Werth $\mu = 0{,}5228$ viel kleiner und der nach Formel III. bestimmte Werth $\mu = 0{,}9363$ desselben viel größer aus.

§ 14. Die nach allen vier Formeln auf die in § 13 angegebene Weise berechneten Ergebnisse der mit einigen Mundstücken angestellten Versuche sind in Tabelle B. aufgeführt. Man ersieht aus derselben,

1) daß der Ausflußcoefficient für die Ausströmung durch eine Kreismündung von 1,01 Centimeter Durchmesser in der dünnen Wand sehr veränderlich ausfällt; daß er nach Formel II. 0,5228 bis 0,5962, also sehr klein, und dagegen nach Formel III. 0,9363 bis 0,7060 außerordentlich groß ist; daß er aber nach Formel I. und IV. mittlere Werthe annimmt, nämlich nach I. 0,7640 bis 0,6625, und nach IV. 0,7879 bis 0,6674. Jedenfalls ist von der letzten Formel schon wegen ihrer wissenschaftlichen Begründung allein die bessere Uebereinstimmung mit der Erfahrung zu erwarten, und es möchte die erste Formel nur auf Annäherungswerthe derselben führen. Wir finden zwar bei dem Wasser diese große Veränderlichkeit des Ausflußcoefficienten nicht vor, wie Formel IV. für die Luft angiebt; aber wir sehen doch aus der von den Ausflußcoefficienten gebildeten Zahlenreihe:

$\mu = 0{,}7879$	für $h = 1{,}021$	Meter	und $h_1 = 0{,}6775$	Met.
$= 0{,}7537$	„ $= 0{,}7970$	„	„ $= 0{,}5110$	„
$= 0{,}7224$	„ $= 0{,}5950$	„	„ $= 0{,}3610$	„
$= 0{,}6918$	„ $= 0{,}4060$	„	„ $= 0{,}2250$	„
$= 0{,}6674$	„ $= 0{,}2845$	„	„ $= 0{,}1425$	„

daß diese Ausflußcoefficienten immer kleiner und kleiner ausfallen, je mehr der Druck oder die Ausflußgeschwindigkeit abnimmt, und daß sich dieselben bei kleinem Drucke dem entsprechenden Ausflußcoefficienten μ des Wassers sehr näheren. Es ist hiernach anzunehmen, daß die Contraction der Luftstrahlen bei kleinem Drucke der Contraction der Wasserstrahlen sehr nahe kommt, daß aber die erstere immer mehr und mehr abnimmt, je höher der Druck oder die Ausflußgeschwindigkeit der Luft ist. Dieses Contractionsverhältniß findet zwar auch bei den Wasserstrahlen, jedoch in geringerem Grade statt; hier sinkt bei Druckhöhen von 0,020 bis 103,578 Meter der Contractionscoefficient von 0,711 allmälig bis 0,600. (S. die Abhandlung: „Versuche über den Ausfluß des Wassers unter sehr kleinem Drucke" in Band X. d. Ztschr.)

2) Ferner ist, Tabelle B zu Folge, der Ausflußcoefficient für ein gut abgerundetes conoidisches Mundstück mit kurzer cylindrischer Ausmündung, wie Fig. 9, nach Formel II. 0,6515 bis 0,8613 viel zu klein und zu veränderlich, und dagegen nach Formel III. 1,1641 bis 1,0283 viel zu groß und zu verschieden, weil bei dieser Mündung der wahre Werth von μ zwar nahe, aber nie ganz Eins sein kann. Dieser Forderung wird aber durch die nach Formel I. und nach Formel IV. berechneten Werthe von μ sehr gut entsprochen. Diese Werthe schwanken nach Formel I. zwischen 0,9514 und 0,9764, und nach Formel IV. zwischen 0,9671 und 0,9860. Die letzteren stimmen mit den Ausflußcoefficienten des Wassers vollkommen überein. Dieses Verhältniß spricht von Neuem, und zwar mit Entschiedenheit, für die Richtigkeit der auch theoretisch begründeten Formel IV.

Das lange conische Mundstück oder sogenannte Düsen-

mundstück, Fig. 2, hat sich ähnlich verhalten, wie das kurze conoidische Mundstück, Fig. 9; die für dasselbe erhaltenen Werthe von μ sind, jedenfalls in Folge der größeren Reibung, einige Procent kleiner als bei diesem Mundstück.

3) Die kurze cylindrische Ansatzröhre, Fig. 10, von 1 Centimeter Weite und 3 Centimeter Länge gab für $h = 0{,}2935$ und $h_1 = 0{,}1415$ Meter nach Formel II.: $\mu = 0{,}7292$, und nach Formel III.: $\mu = 0{,}8763$; jedenfalls im einen Fall μ zu klein, und im andern μ zu groß; dagegen gab Formel I.: $\mu = 0{,}8215$, und Formel IV.: $\mu = 0{,}8276$; und zwar Werthe, auf welche auch der Ausfluß des Wassers durch kurze cylindrische Ansatzröhren führt.

Die Zahlenangaben von Tafel B. sind aus den Ueberschriften vollkommen ersichtlich; nur in Betreff der letzten zwei Columnen ist noch Folgendes zu bemerken. Wenn die Luft ganz oder wenigstens sehr nahe ohne Contraction ausströmt, so ist die mittlere Ausströmungsgeschwindigkeit

$$1)\quad v = \frac{V}{Ft} = \frac{(h - h_2)\,V_0}{Fbt}$$

zu setzen; ist dagegen der Luftstrahl vollständig contrahirt, wie z. B. beim Ausfluß durch eine Mündung in der dünnen Wand, so kann man annähernd den Contractionscoefficienten α gleich dem Ausflußcoefficienten und daher

$$2)\quad v = \frac{V}{\mu F t} = \frac{(h - h_2)\,V_0}{\mu F b t}\ \text{annehmen.}$$

Diesem Unterschied ist in der vorletzten Columne Rechnung getragen; die ersten 5 Werthe in derselben, welche einer Mündung in der dünnen Wand angehören, sind nach Formel (2), die übrigen aber, welche mehr oder weniger kurzen Röhren angehören, sind nach Formel (1) berechnet worden.

Die letzte Columne enthält die sogenannten Widerstandscoefficienten $\zeta = \frac{1}{\varphi^2} - 1$, welche unter der Voraussetzung bestimmt wurden, daß der Geschwindigkeitscoefficient φ dem Ausflußcoefficienten μ gleich ist, also eine Contraction des Luftstrahles nicht statt hat. Diese Widerstandscoefficienten sind für Mündungen in der dünnen Wand nicht berechnet worden, weil hier α nahe $= \mu$, und daher φ nahe $=$ Eins ist.

Tabelle A. Hilfstabelle zu den Berechnungen der Versuche über die Ausströmung der Luft aus Gefäßen.

Pressungsverhältniß.	I. $y = \sqrt{x-1}$.			II. $y = \sqrt{x(x-1)}$.			III. $y = \sqrt{\text{Log. nat. } x}$.			IV. $y = \sqrt{\frac{10}{3} x^{0,3}(x^{0,3}-1)}$.			
$x = \frac{p_1}{p} = \frac{b+h}{b}$	y	$z = \frac{1}{y}$	$A = \int_{2,5}^{x} \frac{dx}{y}$	y	$z = \frac{1}{y}$	$A = \int_{2,5}^{x} \frac{dx}{y}$	y	$z = \frac{1}{y}$	$A = \int_{2,5}^{x} \frac{dx}{y}$	y	$\frac{1}{y}$	$A = \int_{2,5}^{x} \frac{dx}{y}$	Differenz.
2,500	1,22474	0,81650	0,000000	1,93649	0,51640	0,000000	0,95723	1,04486	0,000000	1,17825	0,84872	0,000000	0,000000
2,490	1,22066	0,81923	0,008179	1,92616	0,51917	0,005178	0,95513	1,04697	0,010458	1,17459	0,85136	0,008500	0,008500
2,480	1,21655	0,82200	0,016385	1,91583	0,52197	0,010383	0,95303	1,04929	0,020939	1,17092	0,85403	0,017027	0,008527
2,470	1,21244	0,82479	0,024619	1,90549	0,52480	0,015617	0,95090	1,05163	0,031444	1,16724	0,85673	0,025581	0,008554
2,460	1,20830	0,82761	0,032881	1,89515	0,52766	0,020879	0,94877	1,05399	0,041972	1,16354	0,85945	0,034162	0,008581
2,450	1,20416	0,83046	0,041171	1,88480	0,53056	0,026171	0,94662	1,05639	0,052524	1,15982	0,86220	0,042770	0,008608
2,440	1,20000	0,83333	0,049490	1,87445	0,53349	0,031491	0,94447	1,05881	0,063100	1,15609	0,86498	0,051406	0,008636
2,430	1,19583	0,83624	0,057838	1,86410	0,53645	0,036840	0,94228	1,06126	0,073700	1,15234	0,86779	0,060070	0,008664
2,420	1,19164	0,83918	0,066215	1,85375	0,53945	0,042220	0,94009	1,06373	0,084325	1,14858	0,87064	0,068762	0,008692
2,410	1,18743	0,84215	0,074621	1,84339	0,54248	0,047629	0,93788	1,06623	0,094975	1,14481	0,87351	0,077483	0,008721
2,400	1,18322	0,84515	0,083058	1,83303	0,54554	0,053069	0,93566	1,06876	0,105650	1,14102	0,87641	0,086232	0,008750
2,390	1,17898	0,84819	0,091525	1,82266	0,54865	0,058540	0,93343	1,07132	0,116350	1,13721	0,87935	0,095011	0,008779
2,380	1,17478	0,85126	0,100022	1,81229	0,55179	0,064042	0,93183	1,07390	0,127076	1,13338	0,88231	0,103820	0,008808
2,370	1,17047	0,85436	0,108550	1,80191	0,55496	0,069576	0,92892	1,07652	0,137828	1,12954	0,88532	0,112658	0,008838
2,360	1,16619	0,85749	0,117109	1,79153	0,55818	0,075141	0,92664	1,07916	0,148606	1,12569	0,88835	0,121526	0,008868

Pressungs-verhältniß	I. $y = \sqrt{x-1}$.			II. $y = \sqrt{x(x-1)}$.			III. $y = \sqrt{Log.\,nat.\,x}$.			IV. $y = \sqrt{\frac{10}{3} x^{0,3}(x^{0,3}-1)}$.			
$x = \frac{p_1}{p} = \frac{b+h}{b}$	y	$z = \frac{1}{y}$	$A = \int_{2,5}^{x} \frac{dx}{y}$	y	$z = \frac{1}{y}$	$A = \int_{2,5}^{x} \frac{dx}{y}$	y	$z = \frac{1}{y}$	$A = \int_{2,5}^{x} \frac{dx}{y}$	y	$z = \frac{1}{y}$	$A = \int_{2,5}^{x} \frac{dx}{y}$	Differenz.
2,350	1,16119	0,86066	0,125700	1,78115	0,56143	0,080740	0,92435	1,08185	0,159411	1,12181	0,89142	0,130425	0,008899
2,340	1,15758	0,86387	0,134322	1,77076	0,56473	0,086370	0,92204	1,08456	0,170243	1,11792	0,89452	0,139354	0,008930
2,330	1,15326	0,86711	0,142977	1,76037	0,56806	0,092035	0,91971	1,08729	0,181102	1,11401	0,89766	0,148315	0,008961
2,320	1,14891	0,87039	0,151665	1,74997	0,57144	0,097731	0,91737	1,09007	0,191989	1,11008	0,90083	0,157308	0,008992
2,310	1,14455	0,87370	0,160385	1,73957	0,57485	0,103464	0,91501	1,09288	0,202903	1,10614	0,90406	0,166332	0,009024
2,300	1,14018	0,87706	0,169139	1,72916	0,57831	0,109228	0,91264	1,09572	0,213847	1,10218	0,90729	0,175389	0,009057
2,290	1,13578	0,88045	0,177926	1,71875	0,58182	0,115030	0,91025	1,09860	0,224817	1,09820	0,91058	0,184478	0,009089
2,280	1,13137	0,88388	0,186748	1,70833	0,58537	0,120865	0,90784	1,10151	0,235819	1,09420	0,91391	0,193601	0,009122
2,270	1,12694	0,88736	0,195604	1,69791	0,58896	0,126737	0,90542	1,10446	0,246847	1,09019	0,91727	0,202756	0,009156
2,260	1,12250	0,89087	0,204495	1,68748	0,59260	0,132644	0,90298	1,10745	0,257908	1,08615	0,92068	0,211946	0,009190
2,250	1,11803	0,89443	0,213422	1,67705	0,59628	0,138590	0,90052	1,11047	0,268996	1,08210	0,92413	0,221170	0,009224
2,240	1,11355	0,89803	0,222384	1,66661	0,60002	0,144570	0,89804	1,11354	0,280118	1,07803	0,92762	0,230429	0,009259
2,230	1,10905	0,90167	0,231383	1,65617	0,60380	0,150590	0,89554	1,11664	0,291267	1,07394	0,93115	0,239723	0,009294
2,220	1,10453	0,90536	0,240417	1,64572	0,60764	0,156646	0,89303	1,11978	0,302431	1,06983	0,93473	0,249052	0,009329
2,210	1,10000	0,90909	0,249490	1,63526	0,61153	0,162743	0,89050	1,12296	0,313663	1,06570	0,93835	0,258417	0,009365
2,200	1,09545	0,91287	0,258600	1,62480	0,61546	0,168877	0,88795	1,12619	0,324910	1,06155	0,94202	0,267819	0,009402
2,190	1,09087	0,91670	0,267748	1,61434	0,61945	0,175052	0,88538	1,12946	0,336187	1,05738	0,94573	0,277258	0,009489
2,180	1,08628	0,92057	0,276934	1,60387	0,62349	0,181266	0,88279	1,13277	0,347499	1,05319	0,94949	0,286734	0,009476
2,170	1,08167	0,92450	0,286159	1,59339	0,62759	0,187522	0,88019	1,13612	0,358842	1,04898	0,95331	0,296248	0,009514
2,160	1,07703	0,92848	0,295424	1,58290	0,63175	0,193818	0,87756	1,13953	0,370222	1,04475	0,95717	0,305800	0,009552
2,150	1,07238	0,93250	0,304729	1,57241	0,63596	0,200158	0,87491	1,14297	0,381633	1,04049	0,96109	0,315392	0,009591
2,140	1,06771	0,93659	0,314074	1,56192	0,64024	0,206537	0,87224	1,14647	0,393082	1,03622	0,96505	0,325022	0,009631
2,130	1,06301	0,94072	0,323461	1,55141	0,64457	0,212962	0,86955	1,15001	0,404562	1,03192	0,96906	0,334693	0,009671
2,120	1,05830	0,94491	0,332889	1,54090	0,64897	0,219429	0,86684	1,15361	0,416082	1,02760	0,97314	0,344404	0,009711
2,110	1,05357	0,94916	0,342359	1,53039	0,65343	0,225942	0,86411	1,15725	0,427634	1,02326	0,97727	0,354156	0,009752
2,100	1,04881	0,95346	0,351872	1,51986	0,65795	0,232498	0,86136	1,16095	0,439227	1,01890	0,98145	0,363950	0,009794
2,090	1,04403	0,95783	0,361429	1,50933	0,66254	0,239101	0,85858	1,16471	0,450853	1,01451	0,98570	0,373785	0,009836
2,080	1,03923	0,96225	0,371029	1,49879	0,66720	0,245749	0,85578	1,16852	0,462521	1,01010	0,99000	0,383664	0,009879
2,070	1,03441	0,96674	0,380674	1,48825	0,67193	0,252445	0,85296	1,17238	0,474224	1,00567	0,99436	0,393586	0,009922
2,060	1,02956	0,97129	0,390364	1,47770	0,67673	0,259188	0,85012	1,17630	0,485969	1,00121	0,99879	0,403551	0,009966
2,050	1,02470	0,97590	0,400100	1,46714	0,68160	0,265980	0,84725	1,18028	0,497750	0,99673	1,00328	0,413562	0,010010
2,040	1,01980	0,98058	0,409882	1,45657	0,68654	0,272820	0,84436	1,18432	0,509575	0,99223	1,00783	0,423617	0,010056
2,030	1,01489	0,98533	0,419712	1,44600	0,69157	0,279711	0,84145	1,18842	0,521437	0,98769	1,01246	0,433718	0,010101
2,020	1,00995	0,99015	0,429589	1,43541	0,69667	0,286651	0,83851	1,19259	0,533344	0,98314	1,01715	0,443866	0,010149
2,010	1,00499	0,99504	0,439515	1,42481	0,70184	0,293645	0,83554	1,19682	0,545289	0,97855	1,02191	0,454061	0,010194
2,000	1,00000	1,00000	0,449490	1,41421	0,70711	0,300689	0,83255	1,20112	0,557281	0,97395	1,02675	0,464305	0,010244
1,990	0,99499	1,00504	0,459516	1,40360	0,71245	0,307787	0,82954	1,20548	0,569312	0,96931	1,03166	0,474596	0,010291
1,980	0,98995	1,01015	0,469592	1,39298	0,71788	0,314938	0,82650	1,20992	0,581391	0,96465	1,03664	0,484938	0,010342
1,970	0,98489	1,01535	0,479719	1,38235	0,72340	0,322145	0,82343	1,21443	0,593511	0,95996	1,04171	0,495329	0,010391
1,960	0,97980	1,02062	0,489899	1,37171	0,72902	0,329406	0,82033	1,21902	0,605680	0,95525	1,04685	0,505773	0,010444

Pressungsverhältniß.	I. $y = \sqrt{x - 1}$.			II. $y = \sqrt{x(x-1)}$.			III. $y = \sqrt{\text{Log. nat. } x}$.			IV. $y = \sqrt{\frac{10}{3} x^{0,3} (x^{0,3} - 1)}$.			
$x = \frac{p}{p_1} = \frac{b+h}{b}$	y	$z = \frac{1}{y}$	$A = \int_{2,5}^{x} \frac{dx}{y}$	y	$z = \frac{1}{y}$	$A = \int_{2,5}^{x} \frac{dx}{y}$	y	$z = \frac{1}{y}$	$A = \int_{2,5}^{x} \frac{dx}{y}$	y	$z = \frac{1}{y}$	$A = \int_{2,5}^{x} \frac{dx}{y}$	Differenz.
1,950	0,97468	1,02598	0,500132	1,36106	0,73472	0,336726	0,81721	1,22367	0,617892	0,95050	1,05207	0,516266	0,010494
1,940	0,96954	1,03142	0,510419	1,35041	0,74052	0,344101	0,81406	1,22841	0,630154	0,94573	1,05739	0,526814	0,010548
1,930	0,96436	1,03695	0,520761	1,33975	0,74641	0,351536	0,81088	1,23324	0,642460	0,94093	1,06278	0,537414	0,010600
1,920	0,95917	1,04257	0,531158	1,32906	0,75241	0,359029	0,80767	1,23814	0,654819	0,93610	1,06826	0,548070	0,010656
1,910	0,95394	1,04828	0,541612	1,31837	0,75851	0,366585	0,80443	1,24312	0,667223	0,93124	1,07384	0,558780	0,010710
1,900	0,94868	1,05409	0,552124	1,30767	0,76472	0,374200	0,80116	1,24819	0,679682	0,92634	1,07951	0,569548	0,010768
1,890	0,94340	1,06000	0,562695	1,29695	0,77103	0,381880	0,79786	1,25335	0,692187	0,92142	1,08528	0,580371	0,010823
1,880	0,93808	1,06600	0,573325	1,28623	0,77746	0,389621	0,79453	1,25861	0,704749	0,91647	1,09114	0,591254	0,010883
1,870	0,93274	1,07211	0,584015	1,27550	0,78401	0,397430	0,79116	1,26396	0,717359	0,91548	1,09711	0,602194	0,010940
1,860	0,92736	1,07833	0,594767	1,26475	0,79067	0,405302	0,78777	1,26941	0,730028	0,90647	1,10319	0,613196	0,011002
1,850	0,92195	1,08465	0,605582	1,25399	0,79745	0,413243	0,78434	1,27496	0,742747	0,90141	1,10937	0,624258	0,011062
1,840	0,91652	1,09109	0,616461	1,24322	0,80436	0,421251	0,78087	1,28061	0,755527	0,89633	1,11566	0,635384	0,011126
1,830	0,91104	1,09764	0,627405	1,23243	0,81140	0,429331	0,77738	1,28637	0,768360	0,89121	1,12207	0,646572	0,011188
1,820	0,90554	1,10432	0,638414	1,22163	0,81857	0,437479	0,77385	1,29224	0,781255	0,88606	1,12860	0,657826	0,011254
1,810	0,90000	1,11111	0,649491	1,21082	0,82588	0,445703	0,77028	1,29823	0,794205	0,88087	1,13524	0,669144	0,011318
1,800	0,89443	1,11803	0,660637	1,20000	0,83333	0,453998	0,76667	1,30433	0,807220	0,87564	1,14202	0,680531	0,011387
1,790	0,88678	1,12509	0,671853	1,18915	0,84095	0,462370	0,76303	1,31056	0,820292	0,87038	1,14892	0,691985	0,011454
1,780	0,88318	1,13228	0,683140	1,17830	0,84868	0,470817	0,75935	1,31691	0,833432	0,86508	1,15596	0,703512	0,011527
1,770	0,87750	1,13961	0,694499	1,16743	0,85658	0,479349	0,75564	1,32339	0,846631	0,85975	1,16313	0,715104	0,011592
1,760	0,87178	1,14708	0,705932	1,15654	0,86464	0,487949	0,75187	1,33001	0,859900	0,85437	1,17045	0,726773	0,011669
1,750	0,86603	1,15470	0,717441	1,14565	0,87287	0,496638	0,74807	1,33676.	0,873232	0,84895	1,17792	0,738514	0,011741
1,740	0,86028	1,16248	0,729027	1,13472	0,88127	0,505407	0,74423	1,34366	0,886636	0,84350	1,18554	0,750332	0,011818
1,730	0,85440	1,17041	0,740692	1,12379	0,88985	0,514264	0,74035	1,35070	0,900106	0,83800	1,19332	0,762225	0,011893
1,720	0,84853	1,17851	0,752436	1,11283	0,89861	0,523204	0,73643	1,35790	0,913650	0,83246	1,20126	0,774199	0,011974
1,710	0,84261	1,18678	0,764263	1,10186	0,90755	0,532236	0,73246	1,36526	0,927264	0,82688	1,20937	0,786251	0,012052
1,700	0,83666	1,19523	0,776173	1,09087	0,91670	0,541356	0,72844	1,37279	0,940956	0,82125	1,21766	0,798387	0,012136
1,690	0,83066	1,20386	0,788168	1,07986	0,92605	0,550571	0,72438	1,38049	0,954720	0,81558	1,22612	0,810605	0,012218
1,680	0,82462	1,21268	0,800251	1,06883	0,93560	0,559878	0,72027	1,38836	0,968566	0,80986	1,23478	0,822910	0,012305
1,670	0,81854	1,22169	0,812422	1,05778	0,94538	0,569284	0,71612	1,39642	0,982488	0,80410	1,24363	0,835301	0,012391
1,660	0,81240	1,23092	0,824685	1,04671	0,95537	0,578786	0,71191	1,40467	0,996495	0,79829	1,25268	0,847783	0,012482
1,650	0,80623	1,24035	0,837042	1,03560	0,96562	0,588392	0,70766	1,41312	1,010582	0,79243	1,26195	0,860355	0,012572
1,640	0,80000	1,25000	0,849493	1,02449	0,97609	0,598099	0,70335	1,42177	1,024758	0,78652	1,27143	0,873023	0,012668
1,630	0,79190	1,25988	0,862043	1,01336	0,98681	0,607915	0,69898	1,43064	1,039018	0,78056	1,28114	0,885785	0,012762
1,620	0,78740	1,27000	0,874692	1,00219	0,99781	0,617836	0,69457	1,43974	1,053372	0,77454	1,29108	0,898647	0,012862
1,610	0,78102	1,28037	0,887444	0,99100	1,00907	0,627872	0,69010	1,44907	1,067814	0,76848	1,30127	0,911607	0,012961
1,600	0,77460	1,29099	0,900301	0,97979	1,02062	0,638018	0,68557	1,45864	1,082354	0,76236	1,31172	0,924678	0,013066
1,590	0,76811	1,30189	0,913265	0,96855	1,03246	0,648285	0,68098	1,46847	1,096988	0,75618	1,32244	0,937842	0,013170
1,580	0,76158	1,31306	0,926340	0,95727	1,04463	0,658669	0,67633	1,47856	1,111724	0,74994	1,33344	0,951123	0,013280
1,570	0,75498	1,32453	0,939528	0,94599	1,05709	0,669179	0,67162	1,48893	1,126560	0,74365	1,34472	0,964512	0,013390
1,560	0,74833	1,33631	0,952832	0,93465	1,06992	0,679812	0,66685	1,49959	1,141504	0,73729	1,35631	0,978018	0,013506

Pressungs-verhältniß	I. $y = \sqrt{x-1}$.			II. $y = \sqrt{x(x-1)}$.			III. $y = \sqrt{\text{Log. nat. } x}$.			IV. $y = \sqrt{\frac{10}{3} x^{0,3}(x^{0,3}-1)}$.			
$x = \frac{p_1}{p} = \frac{b+h}{b}$	y	$z = \frac{1}{y}$	$A = \int_{2,5}^{x} \frac{dx}{y}$	y	$z = \frac{1}{y}$	$A = \int_{2,5}^{x} \frac{dx}{y}$	y	$z = \frac{1}{y}$	$A = \int_{2,5}^{x} \frac{dx}{y}$	y	$z = \frac{1}{y}$	$A = \int_{2,5}^{x} \frac{dx}{y}$	Differenz.
1,550	0,74162	1,34840	0,966256	0,92330	1,08306	0,690578	0,66201	1,51055	1,156553	0,73088	1,36822	0,991639	0,013622
1,540	0,73485	1,36083	0,979802	0,91192	1,09659	0,701474	0,65710	1,52183	1,171716	0,72440	1,38046	1,005383	0,013744
1,530	0,72801	1,37361	0,993474	0,90050	1,11049	0,712511	0,65213	1,53345	1,186991	0,71785	1,39305	1,019250	0,013866
1,520	0,72111	1,38675	1,007276	0,88904	1,12480	0,723685	0,64708	1,54541	1,202386	0,71124	1,40600	1,033246	0,013996
1,510	0,71414	1,40028	1,021211	0,87755	1,13953	0,735008	0,64196	1,55773	1,217900	0,70455	1,41934	1,047371	0,014126
1,500	0,70711	1,41421	1,035283	0,86602	1,15470	0,746477	0,63676	1,57044	1,233542	0,69780	1,43307	1,061634	0,014263
1,490	0,70000	1,42857	1,049497	0,85446	1,17033	0,758104	0,63149	1,58356	1,249310	0,69097	1,44723	1,076034	0,014400
1,480	0,69282	1,44338	1,063857	0,84285	1,18645	0,769886	0,62613	1,59711	1,265215	0,68407	1,46184	1,090580	0,014546
1,470	0,68557	1,45865	1,078367	0,83120	1,20307	0,781835	0,62069	1,61109	1,281254	0,67709	1,47691	1,105272	0,014692
1,460	0,67823	1,47442	1,093032	0,81959	1,22024	0,793949	0,61517	1,62556	1,297438	0,67003	1,49248	1,120120	0,014848
1,450	0,67082	1,49072	1,107858	0,80777	1,23797	0,806241	0,60956	1,64053	1,313767	0,66288	1,50856	1,135124	0,015004
1,440	0,66332	1,50756	1,122849	0,79599	1,25630	0,818710	0,60386	1,65602	1,330250	0,65565	1,52520	1,150293	0,015170
1,430	0,65574	1,52499	1,138012	0,78415	1,27526	0,831369	0,59806	1,67208	1,346889	0,64833	1,54242	1,165629	0,015337
1,420	0,64807	1,54303	1,153352	0,77226	1,29488	0,844218	0,59217	1,68872	1,363693	0,64092	1,56025	1,181143	0,015514
1,410	0,64031	1,56174	1,168876	0,76033	1,31522	0,857269	0,58617	1,70600	1,380665	0,63342	1,57874	1,196837	0,015693
1,400	0,63246	1,58114	1,184590	0,74833	1,33630	0,870525	0,58006	1,72395	1,397815	0,62581	1,59792	1,212720	0,015894
1,390	0,62450	1,60128	1,200502	0,73627	1,35819	0,883998	0,57385	1,74262	1,415146	0,61811	1,61784	1,228798	0,016078
1,380	0,61644	1,62221	1,216621	0,72415	1,38092	0,897691	0,56752	1,76204	1,432670	0,61030	1,63854	1,245080	0,016282
1,370	0,60828	1,64399	1,232951	0,71197	1,40455	0,911619	0,56108	1,78228	1,450389	0,60238	1,66009	1,261571	0,016491
1,360	0,60000	1,66667	1,249504	0,69971	1,42915	0,925785	0,55451	1,80338	1,468318	0,59434	1,68253	1,278285	0,016713
1,350	0,59161	1,69031	1,266289	0,68738	1,45478	0,940206	0,54782	1,82542	1,486460	0,58618	1,70595	1,295225	0,016941
1,340	0,58310	1,71499	1,283315	0,67498	1,48152	0,954885	0,54099	1,84846	1,504830	0,57790	1,73038	1,312407	0,017182
1,330	0,57446	1,74078	1,300594	0,66249	1,50944	0,969840	0,53402	1,87258	1,523433	0,56950	1,75594	1,329836	0,017430
1,320	0,56569	1,76777	1,318137	0,64992	1,53866	0,985078	0,52691	1,89787	1,542285	0,56095	1,78268	1,347530	0,017693
1,310	0,55678	1,79605	1,335956	0,63726	1,56922	1,000618	0,51965	1,92440	1,561394	0,55227	1,81072	1,365494	0,017965
1,300	0,54772	1,82574	1,354065	0,62450	1,60128	1,016467	0,51222	1,95230	1,580778	0,54343	1,84015	1,383749	0,018254
1,290	0,53852	1,85695	1,372478	0,61163	1,63495	1,032649	0,50462	1,98169	1,600445	0,53444	1,87111	1,402302	0,018554
1,280	0,52915	1,88982	1,391212	0,59866	1,67038	1,049172	0,49685	2,01268	1,620417	0,52529	1,90372	1,421176	0,018874
1,270	0,51962	1,92450	1,410284	0,58557	1,70772	1,066062	0,48889	2,04544	1,640704	0,51596	1,93813	1,440383	0,019207
1,260	0,50990	1,96116	1,429712	0,57236	1,74714	1,083333	0,48074	2,08012	1,661332	0,50645	1,97453	1,459946	0,019563
1,250	0,50000	2,00000	1,449518	0,55901	1,78885	1,101013	0,47238	2,11694	1,682313	0,49675	2,01308	1,479881	0,019935
1,240	0,48990	2,04124	1,469724	0,54552	1,83308	1,119119	0,46380	2,15609	1,703679	0,48684	2,05405	1,500215	0,020335
1,230	0,47958	2,08514	1,490356	0,53188	1,88012	1,137684	0,45499	2,19786	1,725443	0,47672	2,09766	1,520970	0,020755
1,220	0,46904	2,13201	1,511442	0,51807	1,93023	1,156731	0,44593	2,24252	1,747646	0,46636	2,14423	1,542178	0,021208
1,210	0,45826	2,18218	1,533013	0,50408	1,98380	1,176300	0,43660	2,29042	1,770304	0,45577	2,19411	1,563866	0,021688
1,200	0,44721	2,23607	1,555104	0,48990	2,04123	1,196420	0,42699	2,34197	1,793467	0,44490	2,24769	1,586073	0,022207
1,195	0,44159	2,26455	1,566355	0,48273	2,07157	1,209202	0,42207	2,36925	1,805245	0,43936	2,27603	1,597382	0,011309
1,190	0,43589	2,29416	1,577752	0,47550	2,10305	1,219639	0,41708	2,39764	1,817162	0,43375	2,30547	1,608836	0,011454
1,185	0,43012	2,32495	1,589300	0,46821	2,13577	1,220236	0,41200	2,42719	1,829224	0,42806	2,33612	1,620440	0,011604
1,180	0,42426	2,35702	1,601005	0,46086	2,16982	1,231000	0,40684	2,45800	1,841437	0,42229	2,36802	1,632200	0,011761

Pressungs-verhältniss	I. $y=\sqrt{x-1}$.			II. $y=\sqrt{x\,(x-1)}$.			III. $y=\sqrt{\mathrm{Log.\,nat.}\,x}$.			IV. $y=\sqrt{\frac{10}{3}\,x^{0,3}\,(x^{0,3}-1)}$.			
$x=\frac{p_1}{p}=\frac{b+h}{b}$	y	$z=\frac{1}{y}$	$A=\int_{2,5}^{x}\frac{dx}{y}$	y	$z=\frac{1}{y}$	$A=\int_{2,5}^{x}\frac{dx}{y}$	y	$z=\frac{1}{y}$	$A=\int_{2,5}^{x}\frac{dx}{y}$	y	$z=\frac{1}{y}$	$A=\int_{2,5}^{x}\frac{dx}{y}$	Differenz.
1,175	0,41833	2,39046	1,612874	0,45346	2,20527	1,241938	0,40158	2,49015	1,853808	0,41644	2,40129	1,644124	0,011923
1,170	0,41231	2,42536	1,624913	0,44598	2,24224	1,253056	0,39623	2,52374	1,866333	0,41050	2,43604	1,656217	0,012093
1,165	0,40620	2,46183	1,637131	0,43843	2,28084	1,264364	0,39080	2,55888	1,879039	0,40356	2,47233	1,668489	0,012271
1,160	0,40000	2,50000	1,649536	0,43081	2,32120	1,275869	0,38525	2,59569	1,891926	0,39835	2,51035	1,680945	0,012457
1,155	0,39370	2,54000	1,662138	0,42311	2,36343	1,287581	0,37961	2,63431	1,905001	0,39213	2,55017	1,693596	0,012651
1,150	0,38730	2,58199	1,674941	0,41532	2,40772	1,299509	0,37385	2,67489	1,918274	0,38580	2,59198	1,706451	0,012855
1,145	0,38079	2,62613	1,687961	0,40746	2,45421	1,311664	0,36797	2,71759	1.931755	0,37937	2,63596	1,719521	0,013070
1,140	0,37417	2,67261	1,701208	0,39950	2,50312	1,324057	0,36198	2,76259	1,945455	0,37282	2,68225	1,732817	0,013296
1,135	0,36742	2,72166	1,714694	0,39144	2,55467	1,336701	0,35586	2,81013	1,959387	0,36615	2,73112	1,746350	0,013533
1,130	0,36056	2,77350	1,728432	0,38327	2,60908	1,349611	0,34959	2,86044	1,973563	0,35935	2,78279	1,760135	0,013785
1,125	0,35355	2,82843	1,742436	0,37500	2,66667	1,362800	0,34320	2,91379	1,987999	0,35242	2,83750	1,774185	0,014051
1,120	0,34641	2,88675	1,756724	0,36660	2,72772	1,376286	0,33664	2,97050	2,002710	0,34535	2,89565	1,788518	0,014433
1,115	0,33912	2,94884	1,771313	0,35808	2,79270	1,390087	0,32993	3,03094	2,017713	0,33812	2,95753	1,803151	0,014633
1,110	0,33166	3,01511	1,786223	0,34943	2,86181	1,404224	0,32305	3,09552	2,033030	0,33073	3,02361	1,818104	0,014953
1,105	0,32404	3,08607	1,801476	0,34063	2,93578	1,418718	0,31598	3,16473	2,048680	0,32243	3,09434	1,833399	0,015295
1,100	0,31623	3,16228	1,817097	0,33166	3,01510	1,433595	0,30872	3,23914	2,064690	0,31542	3,17037	1,849061	0,015662
1,095	0,30822	3,24443	1,833114	0,32253	3,10050	1,448884	0,30125	3,31945	2,081086	0,30747	3,25231	1,865117	0,016057
1,090	0,30000	3,33333	1,849558	0,31320	3,19275	1,464617	0,29356	3,40645	2,097901	0,29931	3,34099	1,881601	0,016483
1,085	0,29155	3,42997	1,866467	0,30369	3,29288	1,480831	0,28562	3,50113	2,115170	0,29092	3,43740	1,898547	0,016946
1,080	0,28284	3,53553	1,883880	0,29394	3,40205	1,497568	0,27742	3,60466	2,132935	0,28227	3,54273	1,915997	0,017450
1,075	0,27386	3,65148	1,901848	0,28294	3,52181	1,514878	0,26893	3,71851	2,151248	0,27334	3,65841	1,934000	0,018003
1,070	0,26458	3,77965	1,920426	0,27367	3,65391	1,532817	0,26011	3,84449	2,170150	0,26410	3,78637	1,952612	0,018612
1,065	0,25495	3,92232	1,939681	0,26311	3,80074	1,551454	0,25095	3,98489	2,189724	0,25453	3,92881	1,971900	0,019288
1,060	0,24495	4,08248	1,959693	0,25219	3,96525	1,570869	0,24139	4,14268	2,210042	0,24457	4,08867	2,991943	0,020044
1,055	0,23452	4,26401	1,980559	0,24088	4,15137	1,591160	0,23139	4,32173	2,231203	0,23419	4,26995	2,012840	0,020897
1,050	0,22361	4,47214	2,002399	0,22913	4,36431	1,612450	0,22089	4,52724	2,253328	0,22332	4,47786	2,034709	0,021870
1,045	0,21213	4,71405	2,025365	0,21685	4,61144	1,634889	0,20980	4,76640	2,276562	0,21189	4,71946	2,057703	0,022993
1,040	0,20000	5,00000	2,049650	0,20396	4,90287	1,658675	0,19804	5,04943	2,301102	0,19979	5,00511	2,082014	0,024311
1,035	0,18708	5,34522	2,075513	0,19033	5,25410	1,684067	0,18548	5,39154	2,327204	0,18692	5,35004	2,107902	0,025888
1,030	0,17321	5,77350	2,103310	0,17576	5,68873	1,711424	0,17193	5,81644	2,355224	0,17307	5,77801	2,135722	0,027820
1,025	0,15811	6,32455	2,133555	0,16008	6,24698	1,741264	0,15714	6,36379	2,385675	0,15802	6,34330	2,166025	0,030303
1,020	0,14142	7,07107	2,167044	0,14282	7,00137	1,774385	0,14072	7,10621	2,419350	0,14135	7,07473	2,199570	0,033545
1,015	0,12124	8,16497	2,205134	0,12339	8,10450	1,812149	0,12202	8,19548	2,457604	0,12244	8,16770	2,237676	0,038106
1,010	0,10000	10,00000	2,250546	0,10050	9,94986	1,857285	0,09975	10,02490	2,503155	0,099981	10,00019	2,283096	0,045420
1,005	0,07071	14,14214	2,285902	0,07089	14,10709	1,917428	0,07062	14,15966	2,563616	0,070701	14,14459	2,343458	0,060362

Tabelle B. Die nach allen vier Formeln berechneten Erg

Mündungen und Mundstücke.	d	F	t	τ	h	h_1	h_2	b.	
					Manometerstand				
	Mündungsdurchmesser.	Mündungsquerschnitt.	Ausflußzeit	Temperatur der Luft.	vor Eröffnung der Ausflußmündung.	nach Beendigung des Ausströmens.	nach erfolgter Ausgleichung der innern mit der äußern Wärme.	Barometerstand. (Quecksilbermanometer.)	
	Centimet.	Qu.-Cent.	Secunden.	Grad.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	
I. Nach der Formel: $y=\sqrt{x-1}$.				32	1,0210	0,6775	0,7160		1
Kreismündung in der dünnen ebenen Wand	1,010	0,8012	70	28	0,7970	0,5110	0,5415	0,7364	1
				26	0,5950	0,3610	0,3855		1
				25	0,4060	0,2250	0,2430		1
				24	0,2845	0,1425	0,1555		1
Kurzes conoidisches Mundstück	1,002	0,7885	60	27	1,0235	0,6605	0,7080	0,7330	1
					0,7800	0,4725	0,5085		1
					0,5645	0,3100	0,3385		1
					0,3800	0,1770	0,1965		1
					0,2600	0,0990	0,1145		1
Kurze cylindrische Ansatzröhre	1,012	0,8044	60	23	0,2935	0,1415	0,1550	0,7366	1
Kleines Düsenmundstück	0,966	0,7329	60	18	1,0245	0,6830	0,7320	0,7368	1
				22	0,5975	0,3500	0,3860		1
				25	0,2945	0,1325	0,1530		1
II. Nach der Formel: $y=\sqrt{x(x-1)}$.				.	.	.	.	.	
Kreismündung in der dünnen ebenen Wand	.	.	.	.	.	.	.	.	
				.	.	.	.	.	
				.	.	.	.	.	
				.	.	.	.	.	
Kurzes conoidisches Mundstück	.	.	.	.	.	.	.	.	
					.	.	.	.	
					.	.	.	.	
					.	.	.	.	
					.	.	.	.	
Kurze cylindrische Ansatzröhre	.	.	.	.	.	.	.	.	
Kleines Düsenmundstück	.	.	.	.	.	.	.	.	
				.	.	.	.	.	
				.	.	.	.	.	
III. Nach d. Formel: $y=\sqrt{\text{Log. nat.} x}$.				.	.	.	.	.	
Kreismündung in der dünnen ebenen Wand	.	.	.	.	.	.	.	.	
				.	.	.	.	.	
				.	.	.	.	.	
				.	.	.	.	.	
Kurzes conoidisches Mundstück	.	.	.	.	.	.	.	.	
					.	.	.	.	
					.	.	.	.	
					.	.	.	.	
					.	.	.	.	
Kurze cylindrische Ansatzröhre	.	.	.	.	.	.	.	.	
Kleines Düsenmundstück	.	.	.	.	.	.	.	.	
				.	.	.	.	.	
				.	.	.	.	.	

...it einigen Mundstücken angestellten Ausflußversuche.

…(h+h₁)	$x_1 = \frac{p_1}{p} = \frac{b+h}{b}$	$x_2 = \frac{p_2}{p} = \frac{b+h_1}{b}$	$x_1 - x_2$	$A_1 = \int \frac{dx}{y_1}$	$A_2 = \int \frac{dx}{y_2}$	$A_2 - A_1 = \int \frac{dx}{y_2} - \int \frac{dx}{y_1}$	μ Ausfluß-coefficient.	V Ausfluß-quantum $= \frac{h-h_2}{b} . V$	v Mittlere Ausflußgeschwindigkeit.	ζ Widerstands-coefficient $= \frac{1}{\varphi^2} - 1 = \frac{1}{\mu^2} - 1.$
								Cubikmeter.	Meter.	
07	2,38647	1,92002	0,46645	0,094525	0,531137	0,436612	0,7646	1,93503	451,2398	—
113	2,08229	1,69392	0,38837	0,368831	0,783466	0,414635	0,7363	1,62099	392,5325	—
[illegible]	1,80798	1,49022	0,31776	0,651737	1,049180	0,397443	0,7102	1,32915	333,6768	—
[illegible]	1,55133	1,30554	0,24579	0,964471	1,344033	0,379562	0,6841	1,03413	269,5274	—
[illegible]	1,38634	1,19351	0,19283	1,206402	1,569751	0,363349	0,6625	0,81842	220,2703	—
[illegible]	2,39632	1,90109	0,49523	0,086174	0,550978	0,464804	0,9514	2,01093	425,0550	0,10481
[illegible]	2,06412	1,64461	0,41951	0,386372	0,843753	0,457381	0,9520	1,73049	365,7763	0,10329
31	1,77012	1,42292	0,34720	0,694359	1,148874	0,454515	0,9521	1,44048	304,4768	0,10309
57	1,51842	1,24147	0,27695	1,009478	1,466754	0,457276	0,9765	1,16959	247,2190	0,04871
57	1,35470	1,13506	0,21964	1,258400	1,714532	0,456132	0,9745	0,92739	196,0238	0,05292
13	1,39845	1,19210	0,20635	1,187056	1,572965	0,385909	0,8215	0,87846	182,0110	0,48181
28	2,39047	1,92698	0,46349	0,091127	0,523901	0,432774	0,9547	1,85472	421,7772	0,09709
1	1,81094	1,47503	0,33591	0,648450	1,071068	0,422618	0,9236	1,34111	304,9773	0,17220
6	1,39970	1,17983	0,21987	1,185067	1,601409	0,416342	0,9271	0,89724	204,0392	0,16331
	.	.	.	0,060482	0,359014	0,298532	0,5228	.	659,9517	—
	.	.	.	0,244227	0,546959	0,302732	0,5376	.	537,6297	—
	.	.	.	0,447375	0,757845	0,310470	0,5548	.	427,1509	—
	.	.	.	0,689146	1,007687	0,318541	0,5741	.	321,1591	—
	.	.	.	0,889010	1,215976	0,326966	0,5962	.	244,7808	—
	.	.	.	0,055082	0,373370	0,318288	0,6515	.	.	1,35606
	.	.	.	0,256410	0,593624	0,337214	0,7019	.	.	1,02972
	.	.	.	0,479244	0,840467	0,361223	0,7567	.	.	0,74645
	.	.	.	0,725474	1,116457	0,390983	0,8349	.	.	0,43449
	.	.	.	0,933428	1,336549	0,403121	0,8613	.	.	0,34804
	.	.	.	0,872713	1,215255	0,342542	0,7292	.	.	0,88077
	.	.	.	0,058283	0,353799	0,295516	0,6519	.	.	1,35290
	.	.	.	0,444930	0,775825	0,330895	0,7232	.	.	0,91213
	.	.	.	0,870929	1,231372	0,360443	0,8027	.	.	0,55212
	.	.	.	0,120136	0,654794	0,534658	0,9363	.	368,4911	—
	.	.	.	0,459849	0,949325	0,489476	0,8692	.	332,5143	—
	.	.	.	0,797028	1,248959	0,451931	0,8076	.	293,4463	—
	.	.	.	1,154552	1,570039	0,415487	0,7489	.	246,2228	—
	.	.	.	1,421560	1,808796	0,387236	0,7060	.	206,6827	—
	.	.	.	0,109588	0,678324	0,568736	1,1641	.	.	—
	.	.	.	0,481130	1,018223	0,537093	1,1179	.	.	—
	.	.	.	0,846469	1,358788	0,512319	1,0732	.	.	—
	.	.	.	1,204837	1,700538	0,495701	1,0585	.	.	—
	.	.	.	1,477933	1,959220	0,481287	1,0283	.	.	—
	.	.	.	1,400501	1,812157	0,411656	0,8763	.	.	0,30225
	.	.	.	0,115847	0,646193	0,530346	1,1700	.	.	—
	.	.	.	0,792988	1,273186	0,480198	1,0495	.	.	—
	.	.	.	1,398335	1,841858	0,443523	0,9877	.	.	—

Tabelle B. Die nach allen vier Formeln berechneten Erg

Mündungen und Mundstücke.	d Mündungsdurchmesser.	F Mündungsquerschnitt.	t Ausflußzeit	τ Temperatur der Luft.	h Manometerstand: vor Eröffnung der Ausflußmündung.	h_1 nach Beendigung des Ausströmens.	h_2 nach erfolgter Ausgleichung der innern mit der äußern Wärme.	b. Barometerstand. (Quecksilbermanometer.)
IV. Nach der Formel: $y = \sqrt{\frac{10}{3} x^{0,3} (x^{0,3} - 1)}$.	Centimet.	Qu.-Cent.	Secunden.	Grad.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.
Kreismündung in der dünnen ebenen Wand	.	.	.	.	.	.	.	.
Kurzes conoidisches Mundstück .	.	.	.	.	.	.	.	.
Kurze cylindrische Ansatzröhre .	.	.	.	.	.	.	.	.
Kleines Düsenmundstück . . .	.	.	.	.	.	.	.	.

(Fortsetzung folgt.)

Ueber die näherungsweise Berechnung von Functionen und insbesondere des Ellipsenumfanges.

Von

Dr. **O. Schlömilch**, K. S. Hofrath und Professor in Dresden.

Nach einer Bemerkung von Poncelet darf man bekanntlich, wenn $a > b$ ist, näherungsweis

$$\sqrt{a^2 + b^2} = 0{,}96 \, . \, a + 0{,}40 \, . \, b$$

setzen, wobei der mittlere Fehler ungefähr $2^1/_3$% des wahren Werthes der gesuchten Größe beträgt. Dividirt man beide Seiten der Gleichung mit a und setzt $\frac{b}{a} = x$, so hat man eine Gleichung von der Form

$$\sqrt{1 + x^2} = p + qx,$$

welche nur einen speciellen Fall der Gleichung $f(x) = p + qx$ darstellt; wenn $f(x)$ eine beliebige Function von x bedeutet. Ich will nun noch einen Schritt weiter gehen und im Folgenden zeigen, wie die drei Coefficienten p, q, r bestimmt werden müssen, wenn die Gleichung

$$f(x) = p + qx + rx^2 \qquad (1)$$

innerhalb der Grenzen $x = 0$ und $x = 1$ mit möglichster Genauigkeit stattfinden soll. Als Anwendung hiervon mag dann eine sehr bequeme Formel zur Rectification der Ellipse folgen.

Denkt man sich das Intervall $x = 0$ bis $x = 1$ in n gleiche Theile zerlegt, setzt man ferner $\frac{1}{n} = \Delta x$ und substituirt in dem Ausdrucke

$$p + qx + rx^2 - f(x)$$

[mi]t einigen Mundstücken angestellten Ausflußversuche.

$1 + [illegible](b+h_1)$	$x_1 = \frac{p_1}{p} = \frac{b+h}{b}$	$x_2 = \frac{p_2}{p} = \frac{b+h_1}{b}$	$x_1 - x_2$	$A_1 = \int \frac{dx}{y_1}$	$A_2 = \int \frac{dx}{y_2}$	$A_2 - A_1 = \int \frac{dx}{y_2} - \int \frac{dx}{y_1}$	μ Ausfluß-coefficient.	V Ausflußquantum $= \frac{h-h_2}{b} . V$	v Mittlere Ausflußgeschwindigkeit.	ζ Widerstandscoefficient $= \frac{1}{\varphi^2} - 1 = \frac{1}{\mu^2} - 1.$
.	.	.	.	0,098121	0,548049	0,449928	0,7879	.	437,8849	—
.	.	.	.	0,381402	0,805816	0,424414	0,7537	.	383,4883	—
.	.	.	.	0,671438	1,075713	0,404275	0,7224	.	328,0681	—
.	.	.	.	0,989827	1,373636	0,383809	0,6918	.	266,5449	—
.	.	.	.	1,234757	1,600795	0,366038	0,6674	.	218,6522	—
.	.	.	.	0,089463	0,568374	0,478911	0,9802	.	.	0,04072
.	.	.	.	0,399445	0,867183	0,467738	0,9736	.	.	0,05497
.	.	.	.	0,714961	1,176615	0,461654	0,9671	.	.	0,06924
.	.	.	.	1,035477	1,497226	0,461749	0,9860	.	.	0,02849
.	.	.	.	1,287263	1,746188	0,458925	0,9805	.	.	0,04014
.	.	.	.	1,215212	1,604026	0,388814	0,8276	.	.	0,45989
.	.	.	.	0,094598	0,540632	0,446034	0,9840	.	.	0,03283
.	.	.	.	0,668080	1,097882	0,429802	0,9393	.	.	0,13334
.	.	.	.	1,213202	1,632606	0,419404	0,9340	.	.	0,14639

für x der Reihe nach die Werthe Δx, $2\Delta x$, $3\Delta x$, ... $n\Delta x = 1$, so erhält man die Differenzen

$$\begin{aligned} & p + q.\Delta x + r(\Delta x)^2 - f(\Delta x), \\ & p + q.2\Delta x + r(2\Delta x)^2 - f(2\Delta x), \\ & \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ & p + q.n\Delta x + r(n\Delta x)^2 - f(n\Delta x), \end{aligned}$$

welche nichts anderes sind, als die bei den einzelnen Substitutionen begangenen Fehler. Um nun die größtmögliche Genauigkeit zu erreichen, müssen p, q, r so bestimmt werden, daß die Summe der Fehlerquadrate, oder besser das arithmetische Mittel der Fehlerquadrate, zu einem Minimum wird. Kurz dargestellt ist dieses Mittel

$$\begin{aligned} M &= \frac{\Sigma[p + qx + rx^2 - f(x)]^2}{n} \\ &= \Sigma[p + qx + rx^2 - f(x)]^2 \Delta x, \end{aligned}$$

wobei sich das Summenzeichen Σ auf die vorhin angegebenen Werthe $x = \Delta x$, $2\Delta x$, $3\Delta x$ 2c. bezieht. Wollen wir aber alle von $x = 0$ bis $x = 1$ stetig aufeinander folgenden Werthe von x berücksichtigen, so müssen wir n in's Unendliche wachsen, mithin Δx gegen die Null convergiren lassen; vermöge der summatorischen Bedeutung des bestimmten Integrales wird dann

$$M = \int_0^1 [p + qx + rx^2 - f(x)]^2 \, dx.$$

Das Minimum dieses Ausdrucks tritt ein, wenn die partiellen Differentialquotienten

$$\frac{dM}{dp} = 2\int_0^1 [p + qx + rx^2 - f(x)] \, dx,$$

$$\frac{dM}{dq} = 2\int_0^1 [p + qx + rx^2 - f(x)] \, x \, dx,$$

$$\frac{dM}{dr} = 2\int_0^1 [p + qx + rx^2 - f(x)] \, x^2 \, dx$$

gleichzeitig verschwinden, und hieraus ergeben sich drei Bedingungsgleichungen für p, q, r. Setzt man nämlich zur Abkürzung

$$2) \qquad \int_0^1 f(x)\,dx = A, \quad \int_0^1 f(x)\,x\,dx = B,$$

$$\int_0^1 f(x)\,x^2\,dx = C,$$

so sind jene Gleichungen

$$\begin{aligned} p + \frac{1}{2}q + \frac{1}{3}r - A &= 0, \\ \frac{1}{2}p + \frac{1}{3}q + \frac{1}{4}r - B &= 0, \\ \frac{1}{3}p + \frac{1}{4}q + \frac{1}{5}r - C &= 0, \end{aligned}$$

und aus ihnen erhält man

$$3)\quad \begin{cases} p = +\ 9A - \ 36B + \ 30C, \\ q = -36A + 192B - 180C, \\ r = +30A - 180B + 180C. \end{cases}$$

Die Bestimmung von p, q, r kommt demnach im Wesentlichen auf die Berechnung der drei Integrale A, B, C zurück.

So erhält man z. B. für $f(x) = \sqrt{1+x^2}$

$$A = \int_0^1 \sqrt{1+x^2}.\,dx = \frac{1}{2}[\sqrt{2} + \log.(1+\sqrt{2})] = 1{,}1477936,$$

$$B = \int_0^1 \sqrt{1+x^2}.\,x\,dx = \frac{1}{3},$$

$$C = \int_0^1 \sqrt{1+x^2}.\,x^2\,dx = \frac{1}{2}\sqrt{2} - \frac{1}{4}A = 0{,}4201584,$$

$$p = 0{,}993769,\quad q = 0{,}070253,\quad r = 0{,}356694;$$

es ist folglich, auf vier Stellen abgekürzt,

$$\sqrt{1+x^2} = 0{,}9938 + 0{,}0703\,.\,x + 0{,}3567\,.\,x^2$$

und noch, wenn $x = \frac{b}{a}$ gesetzt und beiderseits mit a multiplicirt wird,

$$\sqrt{a^2+b^2} = 0{,}9938\,.\,a + 0{,}0703\,.\,b + 0{,}3567\,.\,\frac{b^2}{a},$$

wobei $a > b$ sein muß. Wie man durch einige Versuche leicht findet, giebt diese Formel weit genauere Resultate als die anfangs erwähnte Poncelet'sche Formel.

Bezeichnet a die große, b die kleine Halbare einer Ellipse und E (a; b) die Länge ihres Quadranten, so ist bekanntlich

$$E\,(a;b) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{a^2\cos^2\varphi + b^2\sin^2\varphi}\,.\,d\varphi$$

$$= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{\cos^2\varphi + \left(\frac{b}{a}\right)^2 \sin^2\varphi}\,.\,d\varphi,$$

d. i.

$$E\,(a;\,b) = a\,E\left(1;\,\frac{b}{a}\right);$$

es kommt also zunächst nur darauf an, die Gleichung

$$E\,(1;\,x) = p + qx + rx^2$$

zu erfüllen, worin x einen positiven echten Bruch bedeutet. Die Berechnung des ersten Integrales

$$A = \int_0^1 E\,(1;\,x)\,dx$$

läßt sich leicht mittelst der Simpson'schen Regel ausführen, indem man folgende, den Tafeln von Legendre oder Kulik entnommenen Werthe benutzt:

$$E\,(1;\,0) = 1.$$

x	E (1; x)	x	E (1; x)
0,1	1,0159935	0,2	1,0505022
0,3	1,0964775	0,4	1,1506556
0,5	1,2110560	0,6	1,2763199
0,7	1,3455922	0,8	1,4180834
0,9	1,4932901		

$$E\,(1;\,1) = \frac{1}{2}\pi = 1{,}5707936;$$

man erhält auf diesem Wege

$$A = 1{,}2337.$$

Das zweite Integral findet man direct

$$B = \int_0^1 x\,dx \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \sqrt{\cos^2\varphi + x^2\sin^2\varphi}\,.\,d\varphi$$

$$= \int_0^{\frac{1}{2}\pi} d\varphi \int_0^1 \sqrt{\cos^2\varphi + x^2\sin^2\varphi}\,.\,x\,dx$$

$$= \int_0^{\frac{1}{2}\pi} d\varphi\,\frac{1-\cos^3\varphi}{\sin^2\varphi}$$

d. i.

$$B = \frac{2}{3}.$$

Bei dem dritten Integrale muß man wieder die Simpson'sche Regel anwenden, welche giebt

$$C = \int_0^1 E\,(1;\,x)\,x^2\,dx = 0{,}4626.$$

Die hieraus folgenden Werthe von p, q, r sind

$$p = 0{,}9827;\quad q = 0{,}3110;\quad r = 0{,}2867;$$

substituirt man sie in die Gleichung für E (1; x), setzt dann $x = \frac{b}{a}$ und multiplicirt mit a, so gelangt man zu folgender Näherungsformel für die Länge des Ellipsenquadranten

$$E\,(a;\,b) = 0{,}9827\,.\,a + 0{,}3110\,.\,b + 0{,}2867\,.\,\frac{b^2}{a}.$$

Um den hiermit erreichten Genauigkeitsgrad übersehen zu können, nehmen wir $a = 1$, b der Reihe nach $= 0{,}1;\ 0{,}2;\ \ldots\ 0{,}9$ und stellen die wahren und die genäherten Werthe von E neben einander:

b	W. W.	N. W.	Diff.	b	W. W.	N. W.	Diff.
0,1	1,0160	1,0167	— 0,0007	0,6	1,2763	1,2725	+ 0,0038
0,2	1,0505	1,0564	— 0,0059	0,7	1,3456	1,3409	+ 0,0047
0,3	1,0965	1,1018	— 0,0053	0,8	1,4181	1,4150	+ 0,0031
0,4	1,1507	1,1530	— 0,0023	0,9	1,4933	1,4948	— 0,0015
0,5	1,2111	1,2099	+ 0,0012				

Der größte Fehler bleibt also noch unter $0{,}006 = \frac{3}{5}$ % der großen Halbare, was für alle praktischen Anwendungen völlig ausreichen dürfte.

Die Heberpumpen von C. Waltjen in Bremen.

(Hierzu die Doppeltafeln 2—3 und 4—5.)

Unter den größeren Entwässerungsanlagen, welche in neuerer Zeit zur Ausführung gekommen sind, nimmt diejenige des sogenannten Blocklandes im Gebiete der freien Hansestadt Bremen eine hervorragende Stelle ein, indem dieser, am rechten Ufer der Weser und zwar zwischen derselben und dem Lesum- oder Wummeflusse gelegene Marschdistrict 12140 Hektaren Fläche umfaßt. Ueber die Entwässerung dieses niedrig gelegenen Landstriches sind schon seit einer Reihe von Jahren Erörterungen gepflogen worden, bei denen sich auf das Bestimmteste herausstellte, daß eine genügende Entwässerung, d. h. eine solche, welche das Land während der 6 Sommermonate vom Wasser gänzlich zu befreien im Stande wäre, nur unter Anwendung der Dampfkraft herbeizuführen sei. In früheren Zeiten hatten zur Entwässerung dieser von Deichen eingeschlossenen Ländereien 26 Sielen genügt, gegenwärtig aber, wo der Wasserstand ein viel höherer geworden ist, tritt der Sielzug zu spät ein und wird oftmals unterbrochen, sodaß das Vieh regelmäßig einen großen Theil des Jahres im Wasser und Sumpf grasen, das Heu meistens im Wasser gemäht werden muß und Wege, welche früher mit Wagen zu befahren waren, kaum mehr von Fußgängern passirt werden können. Die bloße Erweiterung und Verlängerung der Sielanlagen würde diesen Uebelständen nicht abhelfen, da der Wasserstand der Wumme oft bis spät in die Vegetationsperiode hinein ein so hoher ist, daß gar kein Sielzug stattfindet, und es bleibt somit Nichts als die künstliche Entwässerung übrig. Da nun die Anlags- und Unterhaltungskosten von Windschöpfmühlen erfahrungsmäßig nicht viel geringer als diejenigen der Dampfmaschinenanlagen sind, während die Windkraft immer eine ungewisse und veränderliche, durchaus nicht nach dem jedesmaligen Bedarf verfügbare und zu beschaffende Betriebskraft ist, so mußte im vorliegenden Falle der Dampfkraft unbedingt der Vorzug eingeräumt werden, und zu diesem Resultate gelangte auch die vom Senate und der Bürgerschaft niedergesetzte Deputation, welche überdies erklärte, daß das fragliche Unternehmen nur auf Kosten des Staates auszuführen, vorher aber mit den Besitzern der zu entwässernden Ländereien wegen der zu übernehmenden Gegenleistungen zu unterhandeln sein werde.

Während die Verhandlungen über die Bildung eines Entwässerungsverbandes geführt wurden, bearbeitete eine aus dem verstorbenen Wasserbaudirector Brockmann, den Herren Gasanstaltsinspector Leonhardt, Landvogt Recka und Maschinenfabrikant C. Waltjen bestehende Commission einen Entwurf und Kostenanschlag für die fragliche Entwässerungsanlage. Der erste Entwurf umfaßte die Trockenlegung einer Fläche von 39200 Morgen, zu denen später noch 8000 Morgen hinzugezogen werden konnten, und rechnete, daß im ungünstigsten Falle bei 39200 Morgen 2843 Millionen Cubikfuß und später, bei 47200 Morgen, 3384 Millionen, im Mittel aber 1645 Millionen Cubikfuß Wasser Bremer Maaß (39853000 Cubikmeter) auszuschöpfen sein würden. Die hauptsächlichste Thätigkeit der Anlage würde auf die Monate März und April fallen, da die Ländereien vom 1. Mai bis Mitte Oktober ganz trocken gehalten werden sollten, damit selbst die niedrigsten Wiesen ½ bis 1 Fuß über dem Wasserspiegel in den Gräben hervorragten. Die mittlere

Schöpfhöhe wurde zu 0,96 Met. angenommen, woraus sich die erforderliche Betriebskraft auf 215 Pferdekräfte Nutzeffect berechnet, zur Ersparniß der Betriebskosten aber eine solche Einrichtung projectirt, daß das Binnenwasser auch natürlichen Abfluß nehmen konnte. Zum Schöpfen des Wassers waren 8 Fijnje'sche Kastenpumpen von 8 engl. Fuß Durchmesser und 6 Fuß Kolbenhub angenommen, welche durch eine 200pferdige Dampfmaschine mittelst Gestänge bewegt werden sollten, und die Anlagskosten auf 110000 Thlr. für die Maschinerie und 98000 Thlr. für die Gebäude sammt Erdarbeiten veranschlagt, während die Betriebskosten bei 47200 Morgen zu entwässernder Fläche auf 13000 Thlr., bei 39200 Morgen auf 11000 Thlr. pro Jahr angesetzt wurden.

Dieses mehrseitig sehr günstig beurtheilte und auch durch Herrn Bergrath Professor Weisbach in Freiberg empfohlene Project erfuhr durch die technische Baucommission insofern eine Modification, als nach dem Vorschlage des jetzigen Herrn Baudirectors Berg in Bremen die Betriebskraft auf zwei Maschinen vertheilt und zunächst nur eine Maschine mit 4 Fijnje'schen Pumpen aufgestellt, sowie ein Sielsystem von 30 bis 40 Fuß lichter Weite gebaut werden sollte, wofür die Anlagskosten auf 185000 Thlr. und die Betriebskosten auf 11600 Thlr. Gold pro Jahr veranschlagt wurden.

Nachdem nun mit den Eigenthümern der Ländereien vorbehältlich der Genehmigung ein Vertrag abgeschlossen worden war, wonach dieselben dem Staate für die Herstellung und den Betrieb der Entwässerungsanlagen, so lange nur eine Dampfmaschine in Gang sein würde, 12000 Thlr. für jedes der ersten 5 vollen Betriebsjahre und 14000 Thlr. Gold für jedes folgende Betriebsjahr, sobald aber zwei Dampfmaschinen nöthig wären, resp. 16000 Thlr. und 18666⅔ Thlr. Gold zu zahlen versprachen, wenn die Anlage vollen Erfolg hätte, wurde im J. 1861 Seiten des Senates und der Bürgerschaft die Genehmigung ertheilt und die Wasserbaubehörde, die sogenannte Convoye-Deputation, mit der Ausführung beauftragt. Auf Veranlassung der Letzteren lieferte der Maschinenfabrikant Waltjen einen detaillirten, auf eine 250pferdige Dampfmaschine mit Expansion und Condensation und 4 Fijnje'sche Kastenpumpen mit 8 Fuß engl. Durchmesser berechneten Entwurf, dessen Kosten aber die früher veranschlagte Summe um mehr als 100000 Thlr. überschritten. Denselben Anstoß fand ein zweites, auf die Anwendung horizontaler, über dem Wasser liegender Pumpen begründetes Project, auf welches wir weiter unten näher eingehen werden, und die Convoye-Deputation beschloß daher die Einholung von Gutachten auswärtiger Sachverständiger.

Eine aus den Herren Baudirector Berg, Obermaschinenmeister Welkner aus Göttingen und Director Scheffler bei dem Lüneburger Eisenwerke gebildete Commission prüfte die bis dahin vorgelegten Entwürfe und entwarf in allgemeinen Zügen ein neues Project, nach welchem die Maschine mit vier Fijnje'schen Pumpen 60 bis 70000 Thlr., die sonstigen Baulichkeiten 130000 Thlr. Gold kosten sollten, und welches angenommen wurde. Da aber die Waltjen'sche Fabrik nochmals das von ihr vorgeschlagene Heberpumpenproject einreichte und empfahl, so wurde vor der definitiven Beschlußfassung noch das Gutachten des niederländischen Generalinspectors des Wasserbaues, Herrn Oberingenieur Fijnje van Solverdaa eingeholt, und erst, als dieser erfahrene Entwässerungstechniker sich für das Project der Commission erklärt hatte, wurde der Bau energisch in Angriff genommen, wobei der Kölnischen Maschinenbau-Actiengesellschaft die Anfertigung der Maschine sammt Pumpen für 44575 Thlr. Gold übertragen wurde. Der Bau wurde im Monat Juni vorigen Jahres vollendet und der regelmäßige Betrieb im Monat September begonnen.

Es kann nicht unser Zweck sein, die zur Ausführung gelangte Anlage hier ausführlich zu beschreiben — dieselbe ist Gegenstand einer kurz nach Vollendung der fraglichen Anlage erschienenen Schrift mit dem Titel: „die Entwässerung des Blocklandes im Gebiet der freien Hansestadt Bremen. Bremen 1864," welcher 13 Tafeln Zeichnungen zur Erläuterung beigegeben sind, und auf welche wir hier verweisen müssen. Um jedoch das Waltjen'sche Heberpumpenproject näher beleuchten und seine Vortheile vor anderen Entwässerungsanlagen aufsuchen zu können, erlauben wir uns zunächst, unter Benutzung der citirten Schrift, eine flüchtige Beschreibung der Blockland-Entwässerungsmaschinen zu geben.

Dieselben waren darauf zu berechnen, daß durchschnittlich im Frühjahr 40 Millionen Cubikmeter Wasser zu heben sind und zwar auf eine Höhe von 1,1 Meter, welche in den Monaten März und April auf 1,16 Meter steigt. Sind dieselben nun 2 Monate hindurch und täglich 20 Stunden, also überhaupt 1200 Stunden in Gang, so müssen sie eine Nutzleistung von 143 Pferdekräften besitzen; soll aber auch für die Fälle Vorsorge getragen werden, wo in Folge von außergewöhnlichen atmosphärischen Niederschlägen die zu hebende Wassermenge auf 82 Millionen Cubikmeter steigt, so wird eine Nutzleistung von ca. 200 Pferdekräften erfordert, selbst wenn die Maschinen bei der Wassergewältigung 3 Monate in Thätigkeit erhalten werden. Die Stärke der Maschinen wurde demgemäß auf 225 bis 250 Pferde festgestellt.

Für die Wahl der eigentlichen Schöpfmaschinen war der Umstand maaßgebend, daß die Wasserstände sehr veränderlich sind. Der Wasserstand der Lesum variirt nämlich zwischen — 1 Fuß und + 12 Fuß und die durch die Ebbe

und Fluth herbeigeführten Schwankungen im Wasserstande dieses Flusses belaufen sich auf 1 bis 1,16 Meter. Bei so stark veränderlichen Wasserständen war die Anwendung von Schöpfrädern nicht zu empfehlen und man entschied sich, wie bereits oben erwähnt wurde, für die sogenannten Fijnje'schen Kastenpumpen, welche ganz im Wasser stehen, und deren Pumpenkasten in zwei entgegengesetzten Wänden eine große Menge Ventilklappen enthält, sodaß die Erschütterungen beim Oeffnen und Schließen der Klappen minder schädlich werden. Unter Zugrundelegung einer Kolbengeschwindigkeit von 1,5 Fuß engl. (0,4575 Meter) pro Secunde und eines Wasserverlustes von 8 Procent fixirte man den Kolbendurchmesser der zu erbauenden vier Stück Fijnje'schen Kastenpumpen auf 8 Fuß engl. (2,44 Meter) und den Hub auf 5 Fuß engl. (1,525 Meter). Die vier Pumpen sind dann im Stande, pro Stunde 28264 Cubikmeter Wasser zu heben, was in 60 Tagen die zu bewältigende Masse von 40 Millionen Cubikmetern giebt; da man aber derartige Pumpen (wenigstens bei geringen Hubhöhen) auch mit größeren Geschwindigkeiten (0,75 Met.) arbeiten lassen kann, so werden sie auch die nur ausnahmsweise vorkommende Wassermenge von 82 Millionen Cubikmetern in ca. 4 Monaten zu bewältigen im Stande sein.

Die Entwässerungsanstalt ist auf einem neuen Deiche am Lesumufer, mit fünffüßiger Außen- und zweifüßiger Innenböschung, errichtet und die Pumpenkammern sind in die Deichlücke zwischen dem Sammelbassin und Ausflußbassin eingebaut; daneben steht das Maschinenhaus und in dessen Verlängerung das Kesselhaus sammt Schornstein. Letzterer ruht auf einem Pfahlroste von 80 Quadratmetern Fläche und ist von der Rostoberfläche an gemessen 35,6 Met. hoch. Das auf 483 Pfählen ruhende Kesselhaus bietet Raum genug für fünf große Fairbairn'sche Dampfkessel, von denen vorläufig nur vier Stück aufgestellt wurden. Sie sind 6' 6" engl. (1,98 Meter) weit, 34' (10,35 Meter) lang und mit zwei 2' 3" (0,685 Met.) weiten Feuerrohren versehen. Das Maschinenhaus enthält außer der Dampfmaschine noch ein Speisewasserbassin von 19,8 Cubikmeter Inhalt, welches durch eine Dampfpumpe gefüllt wird. Zur Heizung des Maschinen- und Pumpenraumes sind Füllöfen aufgestellt, welche während des Stillstandes der Maschinerie geheizt werden, damit kein Einfrieren eintritt.

Die vier Pumpen befinden sich in einem aus 9,5 Millimeter starkem Eisenblech gefertigten, 15,85 Met. langen, 6,85 Met. breiten und bis zu 3,96 Meter über Null herausragenden Kasten, dessen Boden 3,5 Meter unter Null liegt und auf der Bohlenlage des Pfahlrostes mittelst 30 Ankern befestigt, übrigens aber mittelst seiner hervorragenden Ränder unter das anschließende Mauerwerk versenkt ist. Diese Kammer zerfällt durch Scheidewände in vier Abtheilungen, von denen jede eine Fijnje'sche Kastenpumpe aufnimmt, und welche durch eiserne Schützen sowohl mit dem Hochwasser, als dem Niedrigwasser in Communication gesetzt werden können. In der Mitte jeder Kammer befindet sich ein genau vertical stehender Pumpencylinder, welcher an einer in der halben Höhe der Kammer befindlichen, dieselbe in eine obere und in eine untere Hälfte theilenden Scheidewand befestigt ist. Der Cylinder hat 1,86 Meter Länge und steht 0,53 Meter vom Deckel und Boden der betreffenden Pumpenkammer ab. Die nach den Schützen hin gerichteten Wände der Kammern sind mit Ventilrahmen durchbrochen, welche auf der Binnenseite Saug-, auf der Außenseite Druckventile aufnehmen. Jede Abtheilung der Kammer hat vier Stück 1,51 Meter hohe, 2,13 Meter breite Ventilrahmen mit zwölf schrägliegenden Klappenventilen und die Durchgangsfläche der Eintritts-, wie der Austrittsventile auf jeder Seite des Kolbens beträgt 2,787 Quadratmeter, oder 60 Procent vom Kolbenquerschnitte. Der Kolben saugt in der oberen Kammerabtheilung beim Niedergange und drückt zugleich in der unteren Kammerhälfte, während derselbe beim Aufgange in der unteren Kammerhälfte saugend und in der oberen drückend wirkt. Er ist hohl und verdrängt ungefähr soviel Wasser, als er wiegt; am Umfange ist er, ebenso wie die Stopfbüchse im Cylinderdeckel, mit Hanfseil geliedert.

Zur Bewegung der vier Pumpen dient eine zweicylindrige liegende Dampfmaschine, sogenannte Zwillingsmaschine, mit Condensation und Expansion. Die Cylinder sind 0,84 Meter weit und liegen 1,83 Meter auseinander. Da die Kolbenstangen mittelst Kreuzen auf die Pumpen wirken und jeder Cylinder zwei Pumpen bewegt, so sind auch die Pumpenkammern im Grundriß so versetzt, daß die durch die Mitten der beiden Pumpenpaare gelegten Axen 1,83 Meter voneinander abstehen. Auf der entgegengesetzten Seite der Dampfcylinder gehen die Kolbenstangen ebenfalls in Führungen und treiben gemeinsam ein Paar 3,05 Meter hohe, 65 Ctr. schwere Schwungräder, sowie die unter der Maschine aufgestellten Condensations-Luftpumpen und Speisepumpen. Von der Schwungradwelle aus wird die Steuerung bewegt, welche nach dem Meyer'schen System construirt und zur Stellung auf 0,1 bis 0,8 Füllung eingerichtet ist. Der Hub der Dampfkolben beträgt 1,522 Meter, der Durchmesser des Luftpumpenkolbens 0,537 Meter und dessen Hub 0,634 Meter, der Speisepumpendurchmesser 11,75 Centimeter und der Hub 28 Centimeter. Die Dampfmaschine arbeitet mit Dämpfen von 4 Atmosphären Ueberdruck, welche vorher durch einen Dampftrocknungsapparat mit 18,58 Quadratmeter Heizfläche gegangen sind, und es genügen zur Erzeugung der erforderlichen Dämpfe 3 Kessel, welche zusammen 230 Quadratmeter Heizfläche besitzen.

Zur Uebertragung der Bewegung von der Dampfmaschine auf die Pumpen dienen hölzerne Pleulstangen und

schmiedeeiserne gleicharmige Kreuze. Wie bereits erwähnt liegen nämlich je zwei Pumpen in der Fortsetzung der durch einen der beiden Dampfcylinder gelegten Verticalebene, und über jedem der Pumpenpaare liegt ein Balancier von 4,12 Meter Länge, in dessen Mitte noch ein dritter, 2,06 Meter langer Arm befestigt ist. An letzterem fassen die Pleulstangen an, deren vorderes Ende mit dem Kreuzkopf der Dampfkolbenstange in einer Schlittenführung geht. Die Kreuze liegen auf schmiedeeisernen Trägern, welche auf den verlängerten Zwischenwänden der Pumpenkammer ruhen, und einerseits gegen die Fundamentplatte der Dampfmaschine, andererseits gegen die feste Wand der Pumpenkammer abgesteift sind.

Diese kurze Beschreibung wird unter Zuhilfenahme der Figuren 1 und 2 auf Doppeltafel 4—5 genügen, um das adoptirte Wassergewältigungssystem zu erklären, und wir können nunmehr zu derjenigen Einrichtung übergehen, welche Herr C. Waltjen in Bremen unter dem Namen der Heberpumpen in Vorschlag gebracht hat, und wovon wir durch die Güte der genannten Firma auf den Tafeln 2 bis 5 ziemlich ausführliche Zeichnungen mitzutheilen in Stand gesetzt sind.

Dieser Entwurf unterscheidet sich von dem vorher beschriebenen hauptsächlich dadurch, daß hier sämmtliche Pumpenkolben in derselben Axe mit dem Dampfcylinder liegen, und daß auch der Luftpumpencylinder in der Verlängerung des Dampfcylinders, aber auf der entgegengesetzten Seite desselben angebracht ist.

Die Doppeltafel 2 — 3 zeigt die Dampfmaschine und die erste Pumpenkammer im Längendurchschnitt, Grundriß und Horizontaldurchschnitt, während die Figuren 3 bis 7 auf der Doppeltafel 4 — 5 verschiedene Querschnitte durch die Maschine und die Heberpumpen zeigen.

Hiernach ist hier blos ein einziger liegender Dampfcylinder angewendet, dessen Kolbenstange sowohl vorn, als hinten aus dem Cylinder hervortritt. Auf der vorderen Seite treibt Letztere mittelst einer Pleulstange die gekröpfte Schwungradwelle mit zwei Schwungrädern, auf der hinteren Seite tritt sie aber in die Pumpenkammer ein, trägt hintereinander die vier hohlen Pumpenkolben und tritt am hintersten Ende der vierten Pumpenkammer wieder durch eine Stopfbüchse, welche als Führung dient, aus dem Kasten heraus.

Die vier Pumpen liegen unmittelbar hintereinander, so daß je zwei aneinandergrenzende Pumpenkammern eine gemeinschaftliche Hauptscheidewand haben. Jede Pumpenkammer wird durch eine verticale Mittelscheidewand in eine vordere und eine hintere Hälfte getheilt und die Pumpenkolben, welche nach dem Prinzip der sogenannten Plungerkolben construirt sind, treten durch diese Mittelscheidewand hindurch und ragen in ihrer mittleren Stellung um die halbe Hublänge in die vordere, wie in die hintere Abtheilung der Pumpenkammer hinein. Der Boden der Pumpenkammern ruht unmittelbar auf dem festen Bohlenbelage des Pfahlrostes und die Decke derselben zeigt heberförmige Erweiterungen, auf welche weiter unten zurückzukommen sein wird. Die Seitenwände der Pumpenkammern enthalten die Saug- und Druckventile, deren gesammte Durchgangsfläche 5,574 Quadratmeter, also 20 Procent mehr als die Kolbenfläche, beträgt.

Die Dampfmaschine ist eine eincylindrige Hochdruckmaschine mit Expansion und Condensation, bei welcher die Zulassung und Abschneidung des Dampfes durch vier Glockenventile bewirkt wird. Diese Einrichtung ist eine längst bewährte und gestattet, da sowohl die Einlaßventile, als die Auslaßventile durch eine besondere Steuerwelle mit Conusen gesteuert werden, die Veränderung der Expansion ganz unabhängig von der Compression, überhaupt aber eine sehr weit ausgedehnte und rasch zu verändernde Expansion. Der Cylinder ist am Umfange, wie an den Böden mit Dampfhemde versehen und außerdem mit Holz bekleidet, so daß alle Abkühlung möglichst beseitigt ist.

Von der Schwungradwelle aus, welche zwei symmetrisch vertheilte Schwungräder trägt, wird mittelst Pleulstangen der Luftpumpenkolben des Condensators bewegt. Derselbe bewegt sich in dem horizontal am Boden des Condensators liegenden Luftpumpencylinder und ist doppelt wirkend, weshalb darüber vier Ventile gelagert sind. Neben dem Condensator liegen die Speisepumpen.

Die Dampfmaschine ist auf 50 Pfd. engl. Kesseldruck pro Quadratzoll = 3,45 Kilogramm pro Quadratcentimeter berechnet und soll bei 12 Spielen pro Minute ungefähr 250 Pferdekräfte leisten. Der Dampfkolben hat 5' 3" engl. (1,6 Meter) Durchmesser und 6 Fuß (1,83 Meter) Hub, die Luftpumpe hat 3 Fuß (0,914 Meter) Durchmesser bei 2' 6" (0,763 Meter) Hub. Die vier Heberpumpen besitzen denselben Durchmesser und Kolbenhub wie die oben beschriebenen Fijnje'schen Kastenpumpen.

Schon die große Einfachheit in der Construction dieser Entwässerungsanlage nimmt entschieden für dieselbe ein. Sie enthält weit weniger bewegliche Theile, als die erst beschriebene Anlage, indem die Kunstkreuze und Schubstangen mit ihren Charnieren und Drehaxen wegfallen, und jeder Praktiker wird diesen Vortheil hoch zu schätzen wissen. Denn alle Zapfen und Lagerschalen erfahren mit der Zeit einige Abnutzung und bedürfen einer sorgfältigen Ueberwachung, wenn sie weder (in Folge zu scharfen Anziehens oder ungenügender Schmierung) warm gehen, noch (in Folge zu geringen Anschraubens der Lagerschalen) schlottrig werden und schlagen sollen. Wie nachtheilig aber selbst geringe Stöße werden, wenn sie sich unaufhörlich wiederholen, und welche empfindliche Schäden aus der geringsten

Unachtsamkeit bei der Beaufsichtigung entstehen können, ist so allgemein anerkannt, daß alle Mechanismen mit einer großen Anzahl von Zapfen und Gelenken möglichst vermieden werden. Die Waltjen'sche Anlage verspricht dagegen ihrer großen Einfachheit halber einen sehr ruhigen ungestörten Betrieb, und daß mit dieser größeren Sicherheit vor Störungen auch eine große Ersparniß an Reparaturkosten verbunden sein müsse, ist selbstverständlich.

Ein weiterer Vorzug der Waltjen'schen Aufstellung ist die Verminderung der Kolben- und Stopfbüchsenreibungen. Da nämlich die Kolben hohl sind, so wird durch den Auftrieb ihr Gewicht compensirt werden, und da sie horizontal liegen, so werden Sand- und Schlammanhäufungen bei den Stopfbüchsen kaum vorkommen können, jedenfalls aber sehr rasch abgestreift werden, wogegen bei den verticalen Pumpen derartige feste Theilchen lange Zeit mit dem Kolben auf- und abgehen, dabei zwischen die Kolbenliederung und den inneren Umfang des Pumpencylinders gelangen und denselben wie Schmirgel ausschleifen. Außerdem ist aber auch noch hervorzuheben, daß bei den Kastenpumpen an Stelle gewöhnlicher Kolbenstangen hohle, 0,4 Meter weite Rohre treten, in welchen die Kolbenstange spielt, wodurch die Kolbenstangenreibung bedeutend erhöht wird. Je bedeutender übrigens die Reibungen ausfallen, um so größer wird auch die Abnutzung sein und um so häufigere Betriebsstörungen sind zu erwarten.

Weit wichtiger als diese Widerstände sind aber bei einer Entwässerungsanlage die hydraulischen Widerstände und in dieser Beziehung dürfte sich das Waltjen'sche Project besonders vortheilhaft vor den gewöhnlichen Anlagen mit Fijnje'schen Kastenpumpen unterscheiden. Die Anwendung der sogenannten Heberrohre gestattet nämlich eine sehr bedeutende Vergrößerung der Ventildurchgangsflächen; während bei der anfangs beschriebenen Anlage mit Fijnje'schen Kastenpumpen die Durchgangsfläche nur 2,787 Quadratmeter oder 60 Procent vom Kolbenquerschnitte betrug, erlaubt das Waltjen'sche Project eine Durchgangsfläche von 5,574 Quadratmetern oder noch einmal soviel. Die hydraulischen Widerstände wachsen aber bekanntlich bei Pumpen ungefähr mit dem Quadrat der Wassergeschwindigkeit und es ist daher von höchster Wichtigkeit, den Wegen, welche das Wasser in den Pumpen zu durchlaufen hat, möglichst große Querschnitte zu geben und den Durchgang so bequem als möglich zu machen. Bei der vorliegenden Anlage, wo die ganze Hubhöhe im Durchschnitt nur 0,685 Meter beträgt, ist die Vermehrung der Widerstandshöhe um einige Centimeter schon von großer Bedeutung, weshalb der Gewinn der durch Anwendung von Heberpumpen zu erzielenden, doppelt so großen Ventildurchgangsfläche wohl für die Wahl der letzteren Pumpen hätte entscheidend sein können.

Ein anderer sehr großer Vorzug des Waltjen'schen Projectes besteht darin, daß bei demselben alle Kräfte axial wirken und aufgefangen werden, daß also alle verdrehenden und einseitigen Wirkungen vermieden sind. Die Axen sämmtlicher Pumpenkolben liegen in einer zusammenhängenden geraden Linie, welche als die Verlängerung der Axe des Dampfcylinders oder der Dampfkolbenstange angesehen werden kann. Die Fortpflanzung der Kraft ist also eine völlig directe und unmittelbare, und ebenso erfolgt die Aufnahme und Fortleitung der Widerstände auf die directeste und einfachste Weise, indem symmetrisch um die Kolbenstange herum vier Zug- und Stemmeisen vertheilt sind, welche durch sämmtliche Pumpenkammern hindurchreichen, schlüßlich die Haupttheile des Maschinengestelles bilden und solide mit dem Dampfcylinder und den Lagern der Schwungradwelle verbunden sind. Die Füße des Maschinengestelles haben daher nur das Gewicht der Maschinentheile zu tragen, brauchen aber durchaus nicht irgend welche Kräfte aufzunehmen oder zu übertragen. Bei der erst beschriebenen Anlage hingegen, wo zwei nebeneinanderliegende Dampfmaschinen angewendet sind, entstehen Kräftepaare, welche nur durch eine höchst solide Auflagerung der Maschine und der Pumpen aufgehoben werden können, und da die Dampfmaschine bedeutend höher, als die Pumpen gelagert ist, so ist eine eigentliche solide Verbindung zwischen Beiden gar nicht zu ermöglichen, wenn auch die Träger der Kreuze mit den Pumpenkammern und mit der Unterlagsplatte der Dampfmaschine möglichst gut verschraubt werden.

Auch der Vorzug des Waltjen'schen Projectes ist nicht gering anzuschlagen, daß es eine weniger tiefe Fundamentirung verlangt. In der That darf hier die Sohle des Fundamentes für die Pumpenkammern mit der Sohle des Zuflußcanales in ein und dasselbe Niveau gelegt werden; sie liegt bei 7 Fuß (2,135 Meter) unter Null, während sie bei dem Welkner'schen Project 10 Fuß 8 Zoll (3,15 Met.) unter der Nulllinie liegt. Hieraus dürfte eine nicht unerhebliche Kostenersparniß folgen, zumal da gleichzeitig die Dampfmaschine nicht so hoch gelagert zu werden braucht, als bei Anwendung von Fijnje'schen Kastenpumpen.

Ein nicht minder großer Vorzug der Waltjen'schen Anordnung ist darin begründet, daß bei derselben die Trägheit der Massen und die Reaction der bewegten Wassersäulen lange nicht so schädliche Wirkungen äußern kann, als bei den Kastenpumpen, wo die Massen theils in horizontaler, theils in verticaler, theils in transversaler Richtung hin- und herbewegt werden und auf die Fundamente reagiren. Bei der Waltjen'schen Anordnung finden dagegen alle Bewegungen nur in einer Richtung statt und die trägen Massen können sonach durch Gegengewichte ausgeglichen werden, und was den Ein- und Austritt des Wassers in die Pumpenkammern anlangt, so ist derselbe so

gewählt, daß schädliche Reactionen vermieden sind, indem das Wasser die Pumpenkammern in normaler Richtung zur Längsaxe des Pumpwerkes durchströmt. Die Waltjen'sche Anordnung wird also jedenfalls eine sehr große Stabilität gewähren.

Um noch einige Specialitäten dieser Anordnung hervorzuheben, wollen wir auf die neben der Dampfmaschine liegende Dampfpumpe aufmerksam machen, welche die Bestimmung hat, die Pumpenkammern trocken zu legen, wenn dies nöthig ist, ferner auf die sehr zweckmäßige Einrichtung, daß der obere Theil der Pumpenkammern stets mit dem Condensator der Dampfmaschine in Verbindung steht, um kleine Undichtheiten und die aus dem Wasser sich entbindende Luft unschädlich zu machen, endlich auf die Vorrichtung, daß das Füllen der Pumpenkammern vor der Ingangsetzung des Pumpwerkes durch eine Hilfsluftpumpe bewirkt werden kann, welche gleichzeitig die Dampfpumpe zur Kesselspeisung vertritt. Ebenso ist die Vorkehrung getroffen, daß der Kolben der vierten oder hintersten Pumpe außerordentlich leicht von der Kolbenstange gelöst werden kann, um auch in solchen Fällen, wo die Dampfmaschine nicht alle vier Pumpen zu bewegen im Stande sein sollte, nämlich zu Zeiten, wo das Wasser auf größere Höhen gehoben werden muß, nicht die ganze Arbeit unterbrechen zu müssen. Es braucht nämlich zu dem Ende blos eine Schraubenmutter am äußersten Ende des Gestänges gelöst zu werden, worauf der vierte Kolben sofort außer Thätigkeit tritt. Noch mehr Kolben außer Thätigkeit zu setzen, wird nicht erforderlich sein, da man ja die Dampfmaschine mit stärkerer Füllung arbeiten lassen kann; sollte dies aber dennoch nöthig sein, so kann es ebenfalls ohne große Bemühung geschehen, wie die Figuren zeigen. Sollte im Laufe der Zeit einer der Kolben reparaturbedürftig werden, was aber, bei der großen Einfachheit der Construction, während einer Schöpfperiode kaum eintreten dürfte, so braucht man deshalb durchaus nicht die dahinter liegenden Kolben außer Thätigkeit zu setzen, sondern es braucht blos die betreffende Pumpenkammer trocken gelegt, das Mannloch im Deckel geöffnet und der defecte Pumpenkolben durch dasselbe entfernt zu werden, worauf die Kraftübertragung ebenso ungehindert durch die Kolbenstange und deren gußeiserne Verbindungstheile weiter erfolgt.

Wir glauben daher die Waltjen'schen Heberpumpen als eine sehr beachtenswerthe Erfindung bezeichnen zu müssen, welche für große Entwässerungsanlagen entschiedene Vortheile vor den Kastenpumpen verspricht, und hoffen, daß sie recht bald die Probe der Praxis zu bestehen haben mögen.

Ueber Amsler's Polarplanimeter.

Bericht des Comité für Mechanik an die Industrielle Gesellschaft in Mülhausen

von

Ed. Cherest, Professor der Mathematik an der Gewerbschule zu Mülhausen.

In einer bereits unter dem 25. März 1863 der gelehrten Gesellschaft überreichten Abhandlung habe ich darzuthun gesucht, daß man mit Hilfe des Amsler'schen Polarplanimeters durch einfaches Ablesen an einem Rade genau den Inhalt einer, nach einem gewissen Maaßstabe gezeichneten Figur ermitteln könne, und habe das Prinzip, auf welchem dieses Instrument beruht, in elementarer Weise mit Hilfe der gewöhnlichen Geometrie entwickelt.

Die Genauigkeit der Flächenmessung, behauptete ich, sei so groß, daß es bei schwierigen Figuren unmöglich sei, nach den gewöhnlichen Methoden mit gleicher Zuverlässigkeit zu arbeiten. Wenn ich dies aber bezüglich eines Instrumentes, welches Herr Amsler selbst gebaut hatte, behauptete, so geschah es unter der ausdrücklichen Voraussetzung, daß das Instrument untadelhaft und höchst sorgfältig ausgeführt sein müsse. Ehe man sich mit vollem Vertrauen eines Instrumentes, von welchem man genaue Resultate verlangt, bedient, muß man nicht versäumen, dasselbe sorgfältig zu prüfen: dies ist eine Arbeit, deren Bedeutung Jedermann einleuchten muß. Gestatten Sie mir daher, Ihre Aufmerksamkeit nochmals auf dieses Planimeter zu lenken, um die Mittel aufzusuchen, welche man anzuwenden haben wird, um es zu prüfen.

Ich erhielt neuerdings ein genau nach einem Amsler'schen Planimeter von einem gewissen Herrn G... gebautes Exemplar, und da dasselbe bei zahlreichen, damit

angestellten Versuchen niemals eine genügende Uebereinstimmung mit der Rechnung ergeben hatte, so war man sehr geneigt, überhaupt an der Brauchbarkeit dieses Instrumentes zu zweifeln. Die Prüfung dieses Instrumentes, die in gewissenhaftester Weise ohne irgend ein Vorurtheil von mir vorgenommen wurde, führte mich auf die Aufsuchung von Prüfungsmethoden für derartige Instrumente. Wenn ich dieselben hier der Oeffentlichkeit übergebe, so geschieht dies nicht, um die Verdienste einer mechanischen Werkstatt auf Kosten der anderen hervorzuheben, — es können ja aus einem Atelier vortreffliche Instrumente hervorgegangen sein und sich trotzdem zufällig ein mangelhaftes daruntergeschlichen haben, — sondern wir thun es, weil wir der Ueberzeugung sind, daß das Planimeter überall, wo man zahlreiche Flächenberechnungen auszuführen hat, Eingang finden muß, und weil wir wünschen, daß Jeder, der ein solches Instrument besitzt, in Stand gesetzt werde, sich von der Genauigkeit desselben zu überzeugen und es zu einem brauchbaren Instrumente zu machen.

Um den Inhalt einer Fläche auf einem, in einem gewissen Maaßstabe gezeichneten Plane mittelst des Planimeters zu ermitteln, kann man zwei verschiedene Wege einschlagen, indem man den Pol entweder innerhalb, oder außerhalb der Figur anbringt. Im ersten Falle braucht man mit der Spitze blos den Umfang der Figur in der Richtung, wie die Zeiger einer Uhr sich bewegen, zu umschreiben und die Differenz der vor und nach Beendigung dieser Operation an dem Zählwerk (Scheibe, Rad und Vernier) abgelesenen Zahlen zu nehmen, um den Flächeninhalt in der einen oder andern Einheit zu erhalten. Will man ihn in Quadratcentimetern haben, was der gewöhnlichste Fall ist, so muß natürlich vor allen Dingen der dieser Flächeneinheit entsprechende Strich an der Stange der Spitze, welche sich in einer Hülse verschiebt, mit einem gewissen festen Punkte genau zusammenfallen; bei dem G....'schen Planimeter finden wir aber zwei Striche für Quadratcentimeter, welchen soll man nun nehmen? Dies ist die erste Schwierigkeit; indessen der eine ist stärker markirt und soll also wohl der richtige sein.

Wir reguliren also das Instrument zunächst nach dem starken Striche und suchen den Inhalt eines Kreises von 9 Centimeter Radius, wenn der Pol außen liegt. Diese Fläche berechnet sich zu 254,469 Quadratcentimetern, die Ausmessung mit dem Instrumente giebt aber Folgendes:

	1. Kreis.	2. Kreis.	3. Kreis.
1. Operation	259	256,6	256,5
2. „	517,8	513,6	512,5
3. „	776,9	769,2	768,4
4. „	1035,7	1025	1024,2
5. „	1295	1281,6	1280,6
Mittel	258,96	256,4	256,14

Mittel aus den Mitteln 257,16
Mittel aus der ersten Operation 257,36

Bemerkt man, daß die Resultate der aufeinanderfolgenden Operationen ungefähr Vielfache der ersten sind, so kann man sicher sein, daß sie gut ausgeführt worden sind. Als Mittel aus den ersten Operationen erhält man 257,36 Quadr.-Cent. und als Mittel sämmtlicher 15 Messungen an drei verschiedenen Kreisen 257,16 Quadr.-Cent., also giebt das Instrument den Mittelwerth 257,26 Quadr.-Cent. oder unbedingt zu viel.

Reguliren wir dagegen das Instrument nach dem schwachen Striche und messen wir damit die Flächeninhalte verschiedener Kreise von 9 Centimeter Radius bei außenliegendem Pole, so erhalten wir, wenn wir die Messungen controliren und zu dem Ende bei jeder Umschreibung das Rad auf Null einstellen:

	256,4	256	255,2	Quadr.-Cent.
	256	255,8	255,1	„
	256	255,8	255,3	„
	255,6	256	257,5	„
	255,7	255,3	257,8	„
Mittel	255,94	255,74	256,18	„

Mittel aus den Mitteln 255,95 Quadr.-Centimeter.

Da der berechnete Flächeninhalt 254,469 Quadr.-Cent. beträgt, so giebt das Instrument auch unter diesen Umständen noch ein etwas zu hohes Resultat.

Reguliren wir drittens das Instrument so, daß der schwache Strich ganz verdeckt wird, so erhalten wir an einem Kreise von 9 Centimeter Radius und bei außenliegendem Pole auf 10 hintereinanderfolgende Umschreibungen des Kreises

1. Operation	254,4
2. „	508
3. „	762,4
4. „	1016,2
5. „	1271
6. „	1525
7. „	1779,8
8. „	2033,9
9. „	2288,7
10. „	2544

Es zeigt sich, daß

die zweite Umschreibung das Doppelte der ersten,
„ dritte „ „ Dreifache „ „
„ vierte „ „ Vierfache „ „
„ zehnte „ „ Zehnfache „ „

ist, und man kann daher mit Sicherheit annehmen, daß das Instrument so richtig regulirt ist, auch giebt es ein sehr befriedigendes Messungsresultat.

Nach diesen vorläufigen Beobachtungen würden wir geneigt sein, zu glauben, daß an dem G....'schen Instrumente ein dritter Strich erforderlich sei, da der starke ein viel zu hohes, und der schwache Strich ein immer noch zu hohes Resultat giebt, während die letzte Stellung befriedigend war; aber dieser Schluß würde noch nicht genügend begründet sein, da der Versuch nur mit Kreisen von 9 Centimeter Radius gemacht wurde.

Um nun eine gehörige Vergleichung zu haben, wollen wir einen Kreis von 9 Centimeter Radius unter denselben Verhältnissen mit demselben Amsler'schen Planimeter umfahren, welches wir vor zwei Jahren benutzt hatten; wir erhalten

1.	Operation	254,4	254,8	Quadr.-Cent.
2.	„	509,5	509,9	„
3.	„	764,5	764,9	„
4.	„	1018,8	1019,9	„
5.	„	1273,9	1274,9	„
	Mittel	254,74	254,9	Quadr.-Cent.

Mittel aus den Mitteln 254,82 Quadr.-Centimeter,
Mittel der ersten Operation 254,6 „

Da die Ergebnisse der folgenden Umschreibungen in der Hauptsache Vielfache der ersten sind, so sieht man, daß die Operationen gut genug ausgeführt wurden, und constatirt, daß das Amsler'sche Planimeter, eingestellt nach dem betreffenden Striche die Zahl 254,82 Quadr.-Cent. giebt, welche mit der Rechnung befriedigend stimmt.

Wir haben im Vorigen meistens den Pol nach außen gelegt, als wir die Genauigkeit des Amsler'schen Polarplanimeters prüften. In diesem Falle mußten wir unsere Kreise mit dem Zirkel ziehen und sie mehr oder weniger genau mit dem Stifte umreißen. In Folge einer glücklichen Vervollkommnung, welche Herr G... angebracht hat, war es uns möglich, bei den neuen Versuchen anders vorzugehen. Diese Vervollkommnung besteht nämlich in einem schwachen, in Centimeter getheilten Lineal, an welchem bei dem einen Theilstriche ein Loch angebracht ist, sodaß man eine Nadel einstecken und wenn der Stift auf einem der andern Theilstriche ruht, Kreise beschreiben kann, deren Halbmesser ganz genau bekannt ist, ohne daß sie ausgezogen zu werden brauchen. Dieses Lineal ist sehr bequem, wenn es sich darum handelt, den Inhalt einer Reihe von Kreisen von verschiedenen Halbmessern zu ermitteln.

Genauigkeit in der Einstellung der auf der Stange des Stiftes angebrachten Marke ist die einzige Rücksicht, welche man beachten muß, wenn man Flächeninhalte bei einer äußeren Lage des Poles ermitteln will; sie muß aber auf's Strengste beachtet werden.

Wenn der Pol in der Fläche selbst liegt, so muß noch überdies die Constante, welche jeder Flächeneinheit entspricht, richtig bestimmt sein, und diese Zahl ist außerordentlich wichtig, weil man, um den gesuchten Flächeninhalt zu erhalten, dann die am Zählapparate nach Umschreibung der Figur in einer der Richtung der Zeiger an der Uhr entgegengesetzten Richtung abgelesene Zahl von dieser Constanten abzuziehen hat. Es bietet sich nun zur Verificirung dieser constanten Zahl zunächst der Weg, daß man mit einem gewissen Radius einen Kreis beschreibt, und dessen Inhalt mittelst des Planimeters ermittelt. Addirt man zu der berechneten Fläche die am Zählapparate beobachtete Größe, so muß dies die constante Zahl geben.

Verfolgen wir diesen Weg und constatiren wir durch den Versuch, daß er nicht zweckmäßig ist und zu keinem guten Resultat führen kann.

Nehmen wir uns vor, die den Quadratcentimetern entsprechende Constante für das G...'sche Instrument zu bestimmen, nachdem dasselbe so eingestellt ist, daß der feine Strich gänzlich bedeckt ist. Suchen wir nämlich den Flächeninhalt eines Kreises von 9 Centimeter Radius bei innenliegendem Pole oder, um ganz sicher zu sein, daß der Kreis 9 Centimeter Radius habe, unter Benutzung des G...'schen Lineales bei der Stellung des Poles in der Mitte. Wir erhalten, wenn wir den Kreisumfang in dem entgegengesetzten Sinne zu der Richtung der Bewegung der Zeiger an der Uhr beschreiben und zehn verschiedene Operationen an Kreisen um verschiedene Mittelpunkte vornehmen, Folgendes:

		1. Kreis.	2. Kreis.	3. Kreis.	Vielfache von 1867.
1.	Operation	1867	1867		1867
2.	„	3734,7	3734,2		3734
3.	„	5602	5603		5601
4.	„	7469	7468,4		7468
5.	„	9336,2	9335,3	9335	9335
6.	„	11204,5	11202,5	11202,4	11202
7.	„	13071,6	13072	13070	13069
8.	„	14938,8	14938,7	14937,3	14936
9.	„	16806	16807,2	16803,8	16803
10.	„	18674,2	18674	18673	18670

Man sieht, daß die am Zählapparate abgelesenen Ziffern die berechneten immer mehr überschreiten, je öfter die Operation wiederholt wird; es liegt dies daran, daß das Röllchen immer denselben Weg zurücklegt, und daß dabei die Rauigkeiten des Papieres immer mehr verschwinden, so daß sich das Röllchen leichter und schneller dreht. Dies ist besonders an den Zahlen der dritten Reihe erkennbar, bei welcher blos fünf Umschreibungen desselben Kreisumfanges vorgenommen worden sind.

Uebrigens sind die Resultate übereinstimmend genug, so daß man im Mittel die Zahl 1867 erhält.

Um nuu den Flächeninhalt des Kreises von 9 Centi-

meter Durchmesser bei innenliegendem Pole zu erhalten, **muß man** die am Zählapparate abgelesene Ziffer von der **constanten** Zahl K abziehen. Da wir den wahren Inhalt **kennen**, nämlich $S = 254{,}469$ Quadratcentimeter, so erhalten wir

$$254{,}469 = K - 1867 \text{ und}$$
$$K = 254{,}469 + 1867 = 2121{,}469.$$

Ein Kreis von 9 Centimeter Radius würde uns also **auf die** Zahl $K = 2121$ führen, welche aber auf dem G...'schen Instrumente keineswegs angegeben ist, wir lesen **nämlich** daselbst 21401 und wenn man will, 2140,1.

Macht man eine Reihe von Versuchen an verschiedenen **Kreisen** von 9 Centimeter Halbmesser mit dem G...'schen Instrumente und stellt man dasselbe dabei nach dem schwachen **Striche** ein, den Pol in's Innere der Figur nehmend und **den Mittelpunkt** der Kreise verändernd, damit das Röllchen verschiedene Bahnen zu durchlaufen hat, so erhält man:

	1. Kreis.	2. Kreis.	3. Kreis.	4. Kreis.	5. Kreis.
	1868	1868,5	1867,6	1867	1868
	1867,6	1868,5	1867,4	1867	2735,8
	1868	1868,8	1868	1867,5	5603,5
Mittel	1867,86	1868,6	1867,66	1867,16	7471,4
					9339,2

Mittel aus den Mitteln 1867,82.

Man würde also haben:

$$K = 254{,}469 + 1867{,}82 = 2122{,}289,$$

eine Zahl, welche sich der oben gefundenen ziemlich nähert, aber sehr wesentlich von derjenigen abweicht, welche auf dem Instrumente selbst angegeben ist.

Stellt man drittens das G...'sche Planimeter nach dem starken Striche ein und wiederholt man das Verfahren an Kreisen von 9 Centimeter Radius, so erhält man einen Mittelwerth $= 1875$ und würde also für K bekommen:

$$K = 254{,}469 + 1875 = 2129{,}469,$$

welche Zahl immer noch um 11 von derjenigen abweicht, welche am Planimeter eingravirt ist.

Verfährt man in gleicher Weise mit dem Amsler'schen Planimeter, um den Vergleich zwischen Beiden vornehmen zu können, so ergiebt sich Folgendes:

1. Kreis.	2. Kreis.	3. Kreis.	4. Kreis.
1818,3	1819,2	1818,3	1818
3637,9	3637,1	3637,3	3636,5
5456,5	5456,6	5455,4	5455
7275,4	7274,5	7273,7	7274
9094,1	9092,5	9091,6	9093
11613,2	11610,6	11610,4	11610,2
		13729	13730
		14548,1	14547,5
		16365,9	16365,5
		18184,5	18183,5

Auch hier erkennen wir, wie oben, daß das Röllchen um so leichter geht und das Resultat um so größer wird, je öfter es denselben Weg zurücklegt. Da indessen das Gesetz der Vervielfachung sehr deutlich hervortritt, so dürfen wir als Mittelwerth dieser Versuche das Mittel der ersten Beobachtungen an den verschiedenen Kreisen, also 1818,45 ansehen und werden demnach erhalten:

$$K = 254{,}469 + 1818{,}45 = 2072{,}919$$

und diese Zahl ist zwar nicht auf dem Amsler'schen Instrumente angegeben, differirt aber von der dort eingravirten (2071) um weniger als 2 Einheiten.

Mögen wir nun die Versuche wiederholen, so oft wir wollen, sei es auch mit verschiedenen Kreisen, wir werden immer am Zählapparate Ziffern ablesen, die uns auf constante Zahlen führen werden, welche bei demselben Planimeter unter sich differiren. Was sollen wir hieraus schließen? Die einzige sich ergebende Folgerung ist für das Instrument keineswegs ungünstig, sie muß aber gegen das angewandte Verfahren gerichtet sein. Diese Methode der Verificirung der Constanten ist sehr fehlerhaft und wir sind überrascht, daß Herr G... sein Lineal als Hilfsmittel zur Prüfung des Instrumentes in Vorschlag bringt (siehe die Beilage zu seinem Instrumente). Wenn der Pol im Innern der Figur befindlich ist, darf man dieses Verfahren durchaus nicht anwenden. Die auf einem Planimeter für eine Maaßeinheit angegebene Constante darf nicht nach dem im Voraus bekannten Inhalte einer besonderen Fläche, weder nach einem gegebenen Quadrat, noch nach einem Kreise von 9, 15 oder 18 Centimetern Halbmesser, bestimmt werden, weil diese Constante nicht zur genauen Bestimmung des Inhaltes einer andern Figur geeignet sein würde, wenn sie den Inhalt der gegebenen Figur genau darstellte. Nähme man fünfzig Kreise von verschiedenen Radien und zöge man aus den, diesen Kreisen entsprechenden Constanten das Mittel, so würde man trotzdem noch nicht eine Constante gefunden haben, welche für alle Flächen passend wäre.

Die Constante der Planimeter muß also auf andere Weise bestimmt werden, wenn sie jeder Fläche entsprechen soll. Sie ist aus den Dimensionen des Instrumentes selbst abzuleiten.*)

Ich habe in meiner früheren Abhandlung gesagt, daß eine mit dem Planimeter gemessene Fläche bei innerhalb der Fläche liegendem Pole dem Ausdrucke $\pi(R^2 + r^2 + 2dr)$ + der beim Umreißen der Figur abgelesenen Ziffer ist, wenn dies in der Richtung der Zeiger bei der Uhr geschieht, dagegen dem Ausdrucke $\pi(R^2 + r^2 + 2dr)$ — der

*) Wie dies zu machen sei, hat Herr Bergrath Weisbach bereits im 4. Bande dieser Zeitschrift auf S. 3 dargethan.

D. Red.

beim Umreißen der Figur abgelesenen Ziffer, wenn der Stift im entgegengesetzten Sinne geführt wird, was für das Ablesen bequemer ist. Die Größe $\pi(R^2+r^2+2dr)$ hängt von den Dimensionen des Instrumentes ab und ihr numerischer Werth ist die Constante K. R bedeutet dabei den Abstand des Poles vom Gelenke, welcher bei jedem Instrumente ein fester ist, r den Abstand des Gelenkes vom Stifte und d den Abstand des Gelenkes von der Ebene, in welcher sich das Röllchen dreht.

Es handelt sich also zuvörderst um die Messung jeder dieser Längen bei dem Planimeter, dessen Genauigkeit ermittelt werden soll, und dann um die Berechnung des Werthes $\pi(R^2+r^2+2dr)$ für dieses Instrument. Nun ist diese Messung eine sehr delicate Sache, da sie mit größter Genauigkeit vorgenommen werden muß. Wenn die Stange des Stiftes in der Hülse so eingestellt ist, daß die Marke an dieser Stange genau mit dem festen Striche coincidirt, so ist es sehr schwierig, den Abstand des Stiftes von dem Charniere genau zu messen, weil Letzteres von der kleinen Mutter, in welcher es sich dreht, verdeckt wird; ebenso schwierig ist die Bestimmung des Abstandes R des Poles vom Charniere. Noch schwieriger ist die Messung des Abstandes d des Charnieres von der Drehungsebene des Röllchens. Glücklicherweise giebt es jedoch eine Probe auf die Messung der beiden Längen r und d, wenn man direct den Abstand $(r+d)$ des Stiftes von der Rotationsebene des Röllchens mißt. Andrerseits kann man den Werth von $\pi(R^2+r^2+2dr)$ noch einmal berechnen, wenn man r und hierauf d durch Rechnung bestimmt und zwar unter Zuhilfenahme des leicht zu messenden Durchmessers δ des Röllchens. Wenn nämlich das Letztere den Durchmesser δ und den Umfang $\pi\delta$ besitzt, so beträgt jeder der 100 Theile des Röllchens $\frac{\pi\delta}{100}$, und wenn ein solcher Theil einem Quadratcentimeter entsprechen soll, so muß der Abstand r des Charnieres vom Stifte $\frac{1}{\frac{\pi\delta}{100}}$ betragen, man hat also:

$$r = \frac{100}{\pi\delta} = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{100}{\delta}.$$

Da man ziemlich leicht $(r+d)$ messen und dieses Maaß durch directe Messung von r und von d controliren kann, so ergiebt sich dann der Werth von d. Mit diesen neu erhaltenen Werthen von r und d berechnet man wieder $\pi(R^2+r^2+2rd)$ und nimmt dann den Mittelwerth aus den beiden erzielten Werthen als den genauen Werth der Constante K.

Nach diesem Gange habe ich die nachstehend angegebenen Resultate erzielt, wobei ich mich zur Abnahme der Maaße eines Schiebemaaßes mit Vernier (calibre à vernier) von großer Genauigkeit bediente und die Messungen und Rechnungen für jedes Instrument mit größter Sorgfalt durchführte.

Es sei z. B zunächst die Constante, welche bei dem Amsler'schen Planimeter, mit welchem ich meine ersten Versuche vor zwei Jahren angestellt habe (dasselbe trägt die Nummer 1114), zu bestimmen. Zu diesem Ende messen wir zunächst R, weshalb wir das Instrument auseinandernehmen, und hierauf r und d. Wir finden

$$\begin{aligned} R &= 15{,}96 \text{ Centimeter,} \\ r &= 16{,}7 \quad \text{„} \\ d &= 3{,}76 \quad \text{„} \\ \hline r+d &= 20{,}46 \text{ Centimeter.} \end{aligned}$$

Wir messen weiter direct $r+d = 20{,}45$ Cent., was nicht wesentlich von der Summe der einzelnen Maaße abweicht. Es giebt nun die Rechnung weiter:

$$\begin{aligned} R^2 &= 254{,}7216 \\ r^2 &= 278{,}86 \\ 2dr &= 125{,}584 \\ \hline R^2+r^2+2dr &= 659{,}1956 \\ \pi(R^2+r^2+2dr) &= 2070{,}92405. \end{aligned}$$

Als zweite Probe messen wir den Durchmesser δ des Röllchens. Wir finden $\delta = 1{,}9$ Centimeter, woraus sich ergiebt

$$r = \frac{100}{\pi\delta} = \frac{31{,}83098}{1{,}9} = 16{,}753.$$

Ziehen wir dies von dem Mittel aus den obigen Angaben über $r+d$, nämlich von $20{,}455$ ab, so bleibt $d = 3{,}702$ und es ergiebt sich

$$\begin{aligned} R^2 &= 254{,}7216 \\ r^2 &= 280{,}663009 \\ 2dr &= 124{,}039216 \\ \hline R^2+r^2+2dr &= 659{,}423821 \\ \pi(R^2+r^2+2dr) &= 2071{,}64104. \end{aligned}$$

Wir erhalten also aus den verschiedenen Maaßen des Instrumentes für die Constante im Mittel

$$\frac{2070{,}92405 + 2071{,}64104}{2} = 2071{,}282545$$

und wir lesen auf dem Amsler'schen Instrumente die Zahl 2071.

Hier ist zu bemerken, daß der Durchmesser des Röllchens leicht richtiger zu 1,89 Centimeter anzugeben gewesen wäre, in welchem Falle man

$$r = \frac{31{,}83098}{1{,}89} = 16{,}841,$$

$$d = 20{,}455 - 16{,}841 = 3{,}614,$$

folglich

$$R^2 = 254{,}7216$$
$$r^2 = 283{,}619281$$
$$2dr = 121{,}726748$$
$$R^2+r^2+2dr = 660{,}067629$$
$$\pi(R^2+r^2+2dr) = 2073{,}66361$$

erhalten haben würde. Dies zeigt, wie wichtig es ist, **höchst** genaue Messungen anzustellen, da die Differenz von **0,1 Millimeter** im Durchmesser des Röllchens bereits zwei **Einheiten** Differenz im Werthe der Constanten K hervorruft.

Untersuchen wir jetzt das G...'sche Planimeter, wenn es auf den starken Strich eingestellt ist. Wir messen R nach Auseinandernahme des Instrumentes und finden R = 16 Centimeter. Wir messen ferner r und d und erhalten die Maaße r = 16,39 Centimeter,

d = 4,57 "

Summe = 20,96 "

Bei directer Messung des Abstandes des Stiftes von der verticalen Ebene, in welcher das Röllchen läuft, erhalten wir ebenfalls

r + d = 20,96 Centimeter.

Die Rechnung giebt nun weiter

$$R^2 = 256$$
$$r^2 = 268{,}6321$$
$$2dr = 149{,}8046$$
$$R^2+r^2+2dr = 674{,}4367$$
$$\pi(R^2+r^2+2dr) = 2118{,}80538.$$

Messen wir hierauf den Durchmesser des Laufrädchens, so finden wir $\delta = 1{,}922$ Centimeter und berechnen hiernach

$$r = \frac{100}{\pi\delta} = \frac{31{,}830988}{1{,}922} = 16{,}561 \text{ und}$$

$$d = 20{,}96 - 16{,}561 = 4{,}399.$$

Daher ergiebt sich nunmehr

$$R^2 = 256$$
$$r^2 = 274{,}266721$$
$$2dr = 145{,}703678$$
$$R^2+r^2+2dr = 675{,}970399$$
$$\pi(R^2+r^2+2dr) = 2123{,}6236.$$

Die auf diesem doppelten Wege gefundenen Werthe von K sind hiernach:

$$K = 2118{,}80538 \text{ und } K' = 2123{,}6236.$$

Wie bei dem Amsler'schen Planimeter ist auch hier das zweite Resultat größer, als das erste und zwar ist hier die Differenz noch größer. Nehmen wir das Mittel aus beiden Werthen, so ergiebt sich die Constante 2121,21449, oder rund 2121, welche sehr wesentlich von der auf dem G...'schen Planimeter zu findenden Zahl 2140,1 abweicht.

Sehen wir nun, was sich herausstellt, wenn man das Instrument nach dem schwachen Striche einstellt, welcher von dem starken Striche um 0,05 Centimeter entfernt ist. Wir müssen hier r um 0,05 Cent. größer und d um ebenso viel kleiner erhalten, was auch durch genaue Messung nachzuweisen ist. Es ist also

r = 16,44 Centimeter,

d = 4,52 "

r + d = 20,96 "

Der Werth von R ist nicht verändert worden, es ergiebt sich also

$$R^2 = 256$$
$$r^2 = 270{,}2736$$
$$2dr = 148{,}6176$$
$$R^2+r^2+2dr = 674{,}8912$$
$$\pi(R^2+r^2+2dr) = 2120{,}23324.$$

Gehen wir bei der Berechnung vom Durchmesser des Röllchens aus, so erhalten wir, wie oben K = 2123,6236 und das Mittel aus beiden Resultaten ist

$$K = 2121{,}92842.$$

Nehmen wir drittens noch ein anderes Amsler'sches Planimeter, bezeichnet Nr. 2052, und probiren wir auf demselben Wege, ob die dort angegebene Zahl 2108 richtig ist.

Wir messen nach Auseinandernahme desselben R = 15,96. Hierauf stellen wir das Instrument wieder zusammen und stellen es nach dem Striche für Quadratcentimeter ein, worauf wir die Maaße

r = 17,05 Cent. und d = 3,71 Cent.

abnehmen. Die Summe dieser beiden Längen beträgt 20,76 Centimeter und ebenso groß wird die Entfernung bei directer Messung gefunden.

Wir berechnen also nunmehr:

$$R^2 = 254{,}7216$$
$$r^2 = 290{,}7025$$
$$2rd = 126{,}5110$$
$$R^2+r^2+2rd = 671{,}9351$$
$$\pi(R^2+r^2+2rd) = 2110{,}94637.$$

Messen wir den Durchmesser des Röllchens am Planimeter, so erhalten wir andrerseits $\delta = 1{,}859$, daher

$$r = \frac{100}{\pi\delta} = 17{,}122 \text{ Centimeter und}$$

$$d = 20{,}76 - 17{,}122 = 3{,}638 \text{ Centimeter.}$$

Hieraus ergiebt sich wieder

$$R^2 = 254{,}7216$$
$$r^2 = 293{,}162884$$
$$2dr = 124{,}579672$$
$$R^2+r^2+2dr = 672{,}464156$$
$$\pi(R^2+r^2+2dr) = 2112{,}60845.$$

Das Mittel aus den beiden Werthen giebt:

$$K = \frac{2110{,}94637 + 2112{,}60845}{2} = 2111{,}77741,$$

und diese Constante differirt um 3 Einheiten von der auf dem Amsler'schen Planimeter eingravirten Zahl.

Prüfen wir viertens noch ein anderes Amsler'sches Planimeter (Nr. 2054) und verfahren wir dabei in derselben Weise, so finden wir $R = 15{,}95$ Cent., $r = 16{,}8$ Cent., $d = 3{,}86$ Cent., also

$$\begin{aligned} R^2 &= 254{,}4025 \\ r^2 &= 282{,}24 \\ 2dr &= 129{,}696 \\ \hline R^2 + r^2 + 2dr &= 666{,}3385 \\ \pi(R^2 + r^2 + 2dr) &= 2093{,}36414. \end{aligned}$$

Andrerseits wird erhalten $\delta = 1{,}87$ Centimeter, folglich $r = 17{,}02$ Cent. und $d = 20{,}66 - 17{,}02 = 3{,}64$ Cent.

$$\begin{aligned} R^2 &= 254{,}4025 \\ r^2 &= 289{,}6804 \\ 2dr &= 123{,}9056 \\ \hline R^2 + r^2 + 2dr &= 667{,}9885 \\ \pi(R^2 + r^2 + 2dr) &= 2098{,}54776. \end{aligned}$$

Der Mittelwerth aus den gefundenen Constanten beträgt

$$K = \frac{1}{2}(2093{,}36414 + 2098{,}54776) = 2095{,}95595$$

und auf dem Instrumente selbst ist angegeben:

$$K = 2095{,}1.$$

Wenn die constante Zahl K für Quadratcentimeter in angegebener Weise nach den Dimensionen R, r, d und δ jedes Instrumentes ermittelt worden ist, so wird man natürlich die Flächeninhalte verschiedener Kreise bei innenliegendem Pole ebenso wenig ganz genau erhalten, als es möglich ist, die constante Zahl nach den Flächeninhalten verschiedener Kreise ganz genau zu ermitteln. Variiren die Radien, so wird man für gewisse Kreise zu kleine und für andere zu große Flächeninhalte bekommen, als die Rechnung giebt, während dazwischen bei einem gewissen Radius der gemessene Inhalt der Fläche mit dem berechneten stimmen muß. Es fragt sich nun, bei welchem Halbmesser dieses Resultat wohl eintreten werde?

Ich habe mit dem Amsler'schen Planimeter Nr. 1114 und mit dem G...'schen Planimeter sehr viele Versuche angestellt, um die Fläche verschiedener Kreise bei innenliegendem Pole zu bestimmen, und nebenstehende Tabelle giebt die gefundenen Mittelwerthe, die berechnete Fläche und die unter Zuhilfenahme der auf dem Instrumente angegebenen Constante, sowie der selbst ermittelten Constante bestimmten Flächeninhalte.

Halbmesser der Kreise.	Flächeninhalt nach der Berechnung. Quadr.-Cent.	Amsler'sches Planimeter Nr. 1114.			Goldschmidt'sches Planimeter.			
		Zahl der Messungen.	Mittleres Resultat. Quadr.-Cent.	Flächeninhalt berechnet nach der Constanten 2071. Quadr.-Cent.	Zahl der Messungen.	Mittleres Resultat. Quadr.-Cent.	Flächeninhalt berechnet nach der Constanten 2140,1. Quadr.-Cent.	Flächeninhalt berechnet nach der Constanten 2121. Quadr.-Cent.
5	78,539	5	1993,18	77,82	—	—	—	—
6	113,097	6	1957,83	113,17	10	2016,12	123,98	104,88
7	153,938	10	1915,42	155,58	—	—	—	—
8	201,062	6	1867,483	203,517	10	1926,18	213,92	194,82
9	254,469	32	1818,45	252,55	10	1872,25	267,85	248,75
10	314,159	10	1753,48	317,52	10	1812,05	328,05	308,95
12	452,3904	6	1613,6	457,4	6	1671,77	468,33	549,23
14	615,75	6	1447,48	623,52	6	1506,23	633,87	614,77
15	706,858	6	1357,08	713,92	6	1413,67	726,43	707,33
16	804,248	6	1258,88	812,12	6	1315,73	824,37	805,27
18	1017,8764	10	1042,43	1028,57	10	1098,62	1041,48	1022,38

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß man beim Amsler'schen Planimeter Nr. 1114 unter Anwendung der Constanten 2071 zu niedrige Resultate erhält, so lange der Radius des Kreises kleiner als 6 Centimeter ist, dagegen zu hohe, wenn der Radius mehr als 6 Centimeter mißt, und daß die Differenz zwischen dem Rechnungs- und Messungs-Resultat um so größer wird, je mehr der Kreishalbmesser von 6 Centimetern abweicht. Man würde also den Flächeninhalt einer Figur ganz genau erhalten, wenn bei innerer Lage des Poles der mittlere Abstand aller Punkte des Umfanges vom Pole gerade 6 Centimeter betrüge; da dies aber nur zufällig eintreten wird, so begeht man jederzeit einen mehr oder weniger beträchtlichen Fehler.

Beim G...'schen Planimeter, wo die Constante nach

unserer Ermittelung 2121 beträgt, würde man offenbar dasselbe Resultat für einen Halbmesser von 15 Centimetern Länge erzielen, bei andern Halbmessern sind die Abweichungen zwischen den durch Messung und Rechnung bestimmten Flächeninhalten stärker, als beim Amsler'schen Instrumente, doch können sich bei einer Fläche, deren Ecken sehr verschiedene Abstände vom Pole haben, diese Differenzen so compensiren, daß man den Flächeninhalt derselben mit befriedigender Genauigkeit erhält. Die Zahl 2021 kann somit als die Constante für dieses Planimeter benutzt werden, während die auf demselben angegebene Ziffer 2140,1 durchaus viel höhere Resultate als die Rechnung liefert, wenn sich nicht bei sehr kleinen Radien das Gegentheil herausstellen sollte. Ich bin nicht im Stande gewesen, mit einem Halbmesser von 5 Centimetern zu arbeiten, weil beim G...'schen Planimeter kein Gewicht auf dem Pole anzubringen ist, und weil die Spitze des Poles nicht fest auf dem Blatte stehen bleibt, wenn die Stange des Stiftes ungefähr dieselbe Richtung hat, wie diejenige des Poles. Dieses Uebelstandes halber muß man das G...'sche Planimeter, wenn man eine beliebige Fläche ausmessen will, mit seinem Pole in mindestens 6 Centimeter Abstand von allen Punkten des Umfanges der Figur aufstellen und erhält sonach nothwendig jederzeit eine zu hohe Angabe. Die Zahl 2140,1 ist also unbrauchbar.

Nach den Untersuchungen der vier geprüften Planimeter können wir behaupten, daß die Constructeurs beim Einreißen des einer Maaßeinheit entsprechenden Striches nicht sorgfältig genug verfahren können. Dieser Strich muß sehr fein und sehr rein geritzt sein und wir wünschten, daß er lieber durch zwei kleine parallele Spitzen von gleicher Länge ersetzt werden möchte, gegen welche man den beweglichen Strich mit Hilfe der mikrometrischen Schraube leichter und sicherer einstellen könnte.

Was die Constante anlangt, so glauben wir, daß sie nach den Dimensionen des Instrumentes berechnet werden müsse. Wenn es nach einem Kreise von bekanntem Halbmesser geschieht, nach einem Halbmesser, welcher der mittleren Distanz der Mitte von jedem Punkte des Umfanges der am häufigsten auszumessenden Figuren gleich sein möchte, so wünschten wir, daß dieser Radius auf dem Instrument angezeigt, vielleicht unter die den Maaßeinheiten entsprechenden Constanten geschrieben würde, da dies für Denjenigen, welcher mit dem Instrumente arbeiten will, ein nützlicher Fingerzeig dafür sein würde, auf welchen Grad von Genauigkeit er rechnen kann, wenn er eine kleine oder große Fläche auszumessen hat.

Die Constante muß in einer solchen Weise auf das Instrument geschrieben sein, daß sie deutlich sichtbar ist, wenn man damit arbeitet, damit man das Instrument nicht zu verschieben braucht, um sie lesen zu können. Letzteren Mangel besitzt das G...'sche Planimeter.

Wünschenswerth ist es auch, daß die Stange des Poles sich frei um das Charnier drehen kann, ohne durch den Stift gehemmt zu sein. Ebenso möchte das Gehäuse so eingerichtet sein, daß man das Planimeter bei seiner richtigen Einstellung hineinlegen könnte, ohne es vorher verschieben zu müssen. Beide Wünsche sind bei dem G...'schen Planimeter nicht beachtet.

Da das Planimeter zu den mathematischen Instrumenten gehört, so kann der Zählapparat nicht sorgfältig genug eingerichtet werden und wir beklagen, daß am G...'schen Instrumente kein Nonius angebracht ist.

Herr G... betrachtet es als eine große Vervollkommnung, daß bei seinem Planimeter das Laufröllchen von Agath gefertigt ist, indessen das Argentan ist ein so wenig orydirbares Metall, daß es sich nicht wesentlich ungünstiger zu diesem Zwecke eignet.

Schlüßlich wiederhole ich nochmals, daß obige Bemerkungen sich nur auf die Planimeter beziehen, die ich in Händen gehabt habe; ich vermeide es ernstlich, denselben eine allgemeine Gültigkeit beizulegen. Jedenfalls ist aber die neue Prüfung, welche drei Amsler'sche Planimeter überstanden haben, sehr zu Gunsten dieses Mechanikers ausgefallen.

(Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse, Juin 1865.)

Eine Versuchsreihe mit dem Amsler'schen Polarplanimeter.

Von

Dr. August Junge,

Professor der höheren Mathematik und Lehrer der praktischen Markscheidekunst an der Königlichen Bergakademie zu Freiberg.*)

Ueber die Genauigkeit des Polarplanimeters liegen verschiedene Angaben vor. Professor Bauernfeind giebt dieselbe in seinen „Elementen der Vermessungskunde", auf Grund selbstausgeführter Versuche bei dem Amsler'schen Polarplanimeter, zu $^1/_3$ Procent des Inhaltes der umfahrenen Figur an, will aber aus diesem Ergebniß kein definitives Urtheil über die Genauigkeit des Polarplanimeters ableiten, da das zu den Versuchen verwandte Instrument nach den Angaben des Erfinders nicht mit aller Sorgfalt gearbeitet war. Desgleichen führt Bauernfeind an, daß man in Wien mit dem Starke'schen Polarplanimeter, welches von dem Amsler'schen nur wenig verschieden ist, ungefähr dasselbe Resultat erhalten habe.

Amsler betrachtet seine Polarplanimeter als fertig, sobald sie die wirklich umfahrene Figur bis auf $^1/_{1000}$ genau angeben, und ist dabei der Meinung, daß noch eine bedeutend größere Genauigkeit erreichbar wäre.

Schweizer, Director der Sternwarte in Moskau, benutzt das Amsler'sche Polarplanimeter bei der Vermessung von Rußland und giebt die Genauigkeit desselben zu mindestens $^1/_{1000}$ der gemessenen Figur an, da bei 64 Versuchen der Fehler 49 mal kleiner als $^1/_{1000}$, 13 mal gleich $^1/_{1000}$, 1 mal $^1/_{620}$ und 1 mal $^1/_{727}$ des wahren Flächeninhaltes gewesen sei. (Vergl. „Les bulletins historiques et philosophiques, tome XVI, Saint-Pétersbourg 1859.)

Ed. Cherest, professeur de mathematique à l'Ecole professionelle de Mulhouse, construirte verschiedene Kreise mit einem Durchmesser von 0,1 Meter und bestimmte den Flächeninhalt derselben mit dem Amsler'schen Polarplanimeter. Dabei gab er dem Pol verschiedene Stellungen, sowohl innerhalb als außerhalb der Figur, auch wurde der Anfangspunkt in der Kreisperipherie verschieden gewählt, so daß bei jedem Versuche die Laufrolle einen anderen Weg durchlief. Aus 50 Versuchen ergab sich hierbei der mittlere Fehler zu $^1/_{3000}$ des wahren Flächeninhaltes. (Bulletin de la société industrielle de Mulhouse, Mai 1863, pag. 208.)

Durch die in dem Nachfolgenden beschriebenen Versuche wollte ich mir ein eigenes Urtheil in der vorliegenden Frage verschaffen. Insbesondere lag mir daran, festzustellen, wie sich die Genauigkeit des Polarplanimeters bei wenig Umfahrungen, also bei einem Gebrauche des Instrumentes, der für die Praxis am erwünschtesten ist, herausstellte. Außerdem wurden sowohl gerad- und krummlinige, als auch größere und kleinere Figuren untersucht und dabei der Pol theils innerhalb, theils außerhalb der Figur angenommen.

Die Versuche wurden auf einem mit dickem Zeichenpapier (Maschinenpapier) überzogenen Reißbrett mit einem vom Mechanikus Goldschmid in Zürich gelieferten Amsler'schen Polarplanimeter ausgeführt.

Bei jedem Versuche wurde der Anfangspunkt möglichst so gewählt, daß die erste Bewegung des Fahrstiftes nahezu parallel der Axe der Laufrolle des Instrumentes war.

Bei sämmtlichen Versuchen wurde der Flächeninhalt der Figuren zunächst aus einer Umfahrung bestimmt, sodann aber mit unveränderter Stellung des Poles, unabhängig von der ersten Bestimmung, aus zwei nachfolgenden, ohne Unterbrechung ausgeführten Umfahrungen ermittelt. Bei einzelnen Versuchen sind außerdem auch noch Flächeninhaltsbestimmungen aus vier weiteren Umfahrungen gemacht worden.

Die am Ende folgenden Tabellen A, B, C, D, E und F enthalten die bei den Versuchen gewonnenen Zahlenresultate. In diesen Tabellen sind die an verschiedenen Stellen des Papieres und an verschiedenen Figuren ausgeführten Versuche mit besonderen Nummern versehen worden.

---

*) Im Anschluß an die vorstehend abgedruckte Abhandlung theilen wir hier die uns schon vor längerer Zeit zur Verfügung gestellten Untersuchungen des Herrn Prof. Junge über die Genauigkeit des Amsler'schen Polarplanimeters mit, deren Ergebnisse mit denen des Herrn Prof. Cherest ganz vorzüglich harmoniren und vortreffliche Fingerzeige für die zweckmäßigste Art der Anwendung dieses Instrumentes geben. D. Red.

Ein Theil der Versuche wurde übrigens von mir selbst, ein anderer Theil dagegen vom Herrn Bergverwalter Lorenz in Miltitz, früher Studirender bei der hiesigen Academie, ausgeführt. Es ist daher in den angezogenen Tabellen unter einer besonderen Rubrik der Beobachter angegeben worden.

Die Versuche wurden theils an Kreisen, theils an Quadraten vorgenommen. Die ersteren sind in den Tabellen A, B, C und D, die letzteren dagegen in den Tabellen E und F enthalten.

Ferner enthalten die Tabellen A, C und E diejenigen Versuche, bei welchen der Pol des Instrumentes außerhalb, und die Tabellen B, D und F dagegen diejenigen Versuche, bei welchen der Pol innerhalb der umfahrenen Figur lag.

Bei den vom Mechanikus Goldschmid angefertigten Polarplanimetern befinden sich zwei Maaßstäbe von Neusilber, welche zur Prüfung des Instrumentes bestimmt sind. Auf dem einen von denselben ist die Länge von einem Decimeter und auf dem anderen die Länge von zwei Decimetern durch zwei feine Löcher markirt. Diese Maaßstäbe werden in folgender Weise benutzt. Man legt den kürzeren Maaßstab auf die Ebene, auf welcher das Instrument steht, steckt durch das eine Loch eine feine Nadel und stellt in das andere Loch den Fahrstift.

Bei der Bewegung des letzteren ist derselbe genöthiget, einen Kreis zu beschreiben, dessen Radius genau die Länge von einem Decimeter hat. Der Pol des Instrumentes muß hierbei natürlich außerhalb des zu beschreibenden Kreises angenommen werden, damit derselbe die Bewegung des Maaßstabes nicht hindert. Bei der Benutzung des größeren Maaßstabes wird der Pol in das eine und der Fahrstift in das andere Loch gestellt. Bei der Bewegung ist nun der letztere genöthigt, einen Kreis zu beschreiben, dessen Radius genau die Länge von zwei Decimetern hat. Der Pol des Instrumentes befindet sich jetzt innerhalb der beschriebenen Figur.

Bei den in den Tabellen A und B ausgeführten Versuchen sind diese Maaßstäbe benutzt worden. Man kennt daher bei diesen Versuchen die Größe der umfahrenen Figuren genau und die Differenzen, welche sich bei denselben herausgestellt haben, kommen ausschließlich auf Rechnung des Instrumentes.

Bei den in den Tabellen C, D, E und F aufgeführten Versuchen waren die Figuren mit Bleistift gezeichnet, und die Umfangslinien dieser Figuren wurden mit dem Fahrstifte des Instrumentes aus freier Hand umfahren. Die Differenzen, welche sich bei diesen Versuchen ergeben haben, kommen daher nicht ausschließlich auf Rechnung des Instrumentes, sondern es treten hierbei auch noch die nicht absolut richtige Construction der Figuren und die Unsicherheit der Hand als zwei neue Fehlerquellen auf.

Aus den angestellten Versuchen ergeben sich die nachfolgenden Resultate.

Im Ganzen wurden 55 Versuche angestellt. Von diesen Versuchen gaben bei der ersten Umfahrung 33 den Flächeninhalt genauer, dagegen aber 22 weniger genau an, als bei den nachfolgenden Umfahrungen. Demnach hat die vom Mechanikus Goldschmid ausgesprochene Meinung, daß die erste Umfahrung den Flächeninhalt weniger genau giebt, als die nachfolgenden Umfahrungen, keine Bestätigung durch die angestellten Versuche gefunden.

Die aus der ersten Umfahrung folgenden Flächeninhalte waren bei 27 Versuchen zu klein, dagegen bei 28 Versuchen zu groß. Es geht hieraus hervor, daß hierbei normale Verhältnisse stattgefunden haben. Die aus zwei und mehr Umfahrungen folgenden Flächeninhalte waren dagegen bei 30 Versuchen zu klein und nur bei 25 Versuchen zu groß. Diese Erscheinung läßt sich dadurch erklären, daß bei wiederholten Umfahrungen der Weg, den die Laufrolle durchläuft, eine Politur annimmt, durch welche das Gleiten derselben begünstigt wird. Hierin mag wohl auch der Grund liegen, warum bei der ersten Umfahrung im Allgemeinen genauere Resultate erhalten wurden, als bei den nachfolgenden Umfahrungen. Jedenfalls wird man daher wohlthun, bei jeder neuen Umfahrung, wie es Professor Eherest gethan hat, die Stellung des Poles zu verändern.

Aus den in den Tabellen A und B aufgeführten Versuchen lassen sich, wie bereits oben bemerkt wurde, die Fehler erkennen, welche ausschließlich auf Rechnung des Instrumentes kommen. Zieht man die Resultate aus zwei Umfahrungen in Betracht, so haben diese Fehler bei beiden Arten von Kreisen die mittlere Größe von 0,079 Procent der umfahrenen Fläche. Die größten Fehler dagegen betragen bei den Kreisen von 1 Decimeter Radius 0,172 Procent und bei den Kreisen von 2 Decimeter Radius 0,119 Procent der umfahrenen Fläche.

Läßt man den größeren Fehler von 0,172 Procent, der unter 13 Versuchen nur einmal auftritt und die übrigen Fehler an Größe bedeutend übertrifft, unbeachtet, so stimmen die gewonnenen Resultate mit der Angabe des Professor Amsler, wonach der relative Fehler nicht über $^1/_{1000}$ betragen soll, sehr gut überein. Es darf aber nicht übersehen werden, daß hierbei blos von dem Fehler die Rede ist, welcher ausschließlich auf Rechnung des Instrumentes kommt.

Bei den in den Tabellen C, D, E und F aufgeführten Versuchen treten, wie ebenfalls bereits oben bemerkt wurde, die Ungenauigkeit in der Construction der Figuren und die Unsicherheit der Hand als zwei neue Fehlerquellen auf. Die Resultate, welche sich aus diesen Versuchen ergeben haben, sind nun wesentlich von einander verschieden,

je nachdem die umfahrene Figur größer oder kleiner war, je nachdem dieselbe die Gestalt eines Kreises oder Quadrates hatte, und je nachdem der Pol des Instrumentes außerhalb oder innerhalb der umfahrenen Figur angenommen wurde.

Zieht man blos die aus zwei Umfahrungen gewonnenen Resultate in Betracht und nimmt man zunächst den Pol außerhalb der umfahrenen Figur an, so ergiebt sich aus den Versuchen unter C bei Kreisen bis zu 0,5 Decimeter Radius der mittlere Fehler zu 0,866 Procent und der größte Fehler zu 1,521 Procent, dagegen bei Kreisen von 0,7 bis 1,3 Decimeter Radius der mittlere Fehler zu 0,18 Procent und der größte Fehler zu 0,26 Procent der umfahrenen Fläche.

Unter derselben Voraussetzung ergiebt sich aus den Versuchen unter E bei Quadraten bis zu 1 Decimeter Seitenlänge der mittlere Fehler zu 0,463 Procent und der größte Fehler zu 0,8 Procent, dagegen bei Quadraten von 1,2 bis 2,5 Decimeter Seitenlänge der mittlere Fehler zu 0,124 Procent und der größte Fehler zu 0,244 Procent der umfahrenen Fläche.

Nimmt man ferner den Pol des Instrumentes innerhalb der umfahrenen Figur an und zieht wieder die aus zwei Umfahrungen gewonnenen Resultate in Betracht, so ergiebt sich aus den Versuchen unter D bei Kreisen bis zu 0,9 Decimeter Radius der mittlere Fehler zu 4,643 Procent und der größte Fehler zu 12,274 Procent, dagegen bei Kreisen von 1,1 bis zu 2,9 Decimeter Radius der mittlere Fehler zu 0,229 Procent und der größte Fehler zu 0,459 Procent der umfahrenen Fläche.

Unter derselben Voraussetzung ergiebt sich aus den Versuchen unter F bei Quadraten bis zu 1,5 Decimeter Seitenlänge der mittlere Fehler zu 4,510 Procent und der größte Fehler zu 7,600 Procent, dagegen bei Quadraten von 2 bis 4 Decimeter Seitenlänge der mittlere Fehler zu 0,168 Procent und der größte Fehler zu 0,288 Procent der umfahrenen Fläche.

Man sieht hieraus, daß sich der relative Fehler um so kleiner herausstellt, je größer die umfahrene Figur ist. Es war dies nicht anders zu erwarten, weil sich bei größeren Figuren mehr Gelegenheit zur Ausgleichung der begangenen Fehler darbietet, und weil bei größeren Figuren die Trägheit der Rolle am Anfange der Bewegung, sowie die Ablesungsfehler einen geringeren Einfluß auf den relativen Fehler haben, als bei kleineren. Im Uebrigen ist dieselbe Erscheinung von Bauernfeind auch bei dem Linearplanimeter beobachtet worden.

Ferner ergiebt sich aus dem Vorstehenden, daß man mit Hilfe des Polarplanimeters den Flächeninhalt geradliniger Figuren mit größerer Genauigkeit bestimmen kann, als den von krummlinigen. Der Grund hiervon liegt wahrscheinlich darin, daß man im Stande ist, aus freier Hand mit dem Fahrstifte des Instrumentes eine gerade Linie mit größerer Genauigkeit zu verfolgen, als eine krumme.

Endlich ist noch zu beachten, daß bei kleineren Figuren und zwar nach den angestellten Versuchen bei Kreisen bis zu 1 Decimeter Radius und bei Quadraten bis zu 2 Decimetern Seitenlänge das Polarplanimeter dann keine genügende Genauigkeit gewährt, wenn man den Pol innerhalb der Figur annimmt. Es schwächt dieser Umstand jedoch die praktische Brauchbarkeit des Polarplanimeters nicht, da man es wohl schon ohnehin vermeiden wird, bei kleineren Figuren den Pol innerhalb derselben anzunehmen.

Unter dieser Voraussetzung, daß man bei kleineren Figuren den Pol außerhalb derselben annimmt, läßt sich nun das Schlußresultat aufstellen, daß das **Polarplanimeter schon bei sehr wenigen Umfahrungen einen für die Praxis völlig genügenden Grad von Genauigkeit gewährt.**

A.

Versuche an **Kreisen**, beschrieben mit einem Messingmaaßstabe von einem Decimeter Länge als Radius und mit **außerhalb** der Figur angenommenem Pol.

Nummer des Versuches.	Anzahl der Umfahrungen.	Beobachteter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Berechneter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Differenz zwischen dem beobachteten u. dem berechneten Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Differenz in Procenten.	Beobachter.
1.	1	3,1440	3,1416	+ 0,0024	+ 0,077	Junge.
	2	3,1405	3,1416	— 0,0011	— 0,035	"
2.	1	3,1440	3,1416	+ 0,0024	+ 0,077	"
	2	3,1443	3,1416	+ 0,0027	+ 0,086	
3.	1	3,1364	3,1416	— 0,0052	— 0,166	"
	2	3,1400	9,1416	— 0,0016	— 0,048	

Nummer des Versuches.	Anzahl der Umfahrungen.	Beobachteter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Berechneter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Differenz zwischen dem beobachteten u. dem berechneten Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Differenz in Procenten.	Beobachter.
4.	1	3,1375	3,1416	— 0,0041	— 0,131	Junge.
	2	3,1470	3,1416	+ 0,0054	+ 0,172	"
5.	1	3,1490	3,1416	+ 0,0074	+ 0,236	"
	2	3,1430	3,1416	— 0,0014	+ 0,045	
	4	3,1408	3,1416	— 0,0008	— 0,003	
6.	1	3,1430	3,1416	+ 0,0014	+ 0,045	"
	2	3,1465	3,1416	+ 0,0049	+ 0,156	
7.	1	3,1510	3,1416	+ 0,0094	+ 0,298	"
	2	3,1420	3,1416	+ 0,0004	+ 0,013	

B.

Versuche an Kreisen, beschrieben mit einem Messingmaaßstabe von zwei Decimetern Länge als Radius und mit innerhalb der Figur angenommenem Pol.

Nummer des Versuches.	Anzahl der Umfahrungen.	Beobachteter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Berechneter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Differenz zwischen dem beobachteten u. dem berechneten Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Differenz in Procenten.	Beobachter.
1.	1	12,5760	12,5664	+ 0,0094	+ 0,070	Junge.
	2	12,5762	12,5664	+ 0,0098	+ 0,071	
2.	1	12,5670	12,5664	+ 0,0006	+ 0,005	"
	2	12,5700	12,5664	+ 0,0036	+ 0,028	
	2	12,5782	12,5664	+ 0,0118	+ 0,094	
3.	1	12,5735	12,5664	+ 0,0071	+ 0,057	"
	2	12,5767	12,5664	+ 0,0103	+ 0,082	
4.	1	12,5660	12,5664	— 0,0004	— 0,003	"
	2	12,5617	12,5664	— 0,0047	— 0,038	
	4	12,5730	12,5664	+ 0,0066	+ 0,052	
	4	12,5521	12,5664	— 0,0143	— 0,014	
	4	12,5541	12,5664	— 0,0123	— 0,098	
5.	1	12,5590	12,5664	— 0,0074	— 0,059	"
	4	12,5710	12,5664	+ 0,0046	+ 0,038	
6.	1	12,5530	12,5664	— 0,0134	— 0,107	"
	2	12,5515	12,5664	— 0,0149	— 0,119	

C.

Versuche an Kreisen, beschrieben mit verschiedenen Radien und mit außerhalb der Figur angenommenem Pol.

Nummer des Versuches.	Radius des Kreises in Decimetern.	Anzahl der Umfahrungen.	Beobachteter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Berechneter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Differenz zwischen dem beobachten u. dem berechneten Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Differenz in Procenten.	Beobachter.
1.	0,3	1	0,2830	0,2827	+ 0,0003	+ 0,106	Junge.
	0,3	2	0,2870	0,2827	+ 0,0043	+ 1,521	
2.	0,3	1	0,2870	0,2827	+ 0,0043	+ 1,521	„
	0,3	2	0,2855	0,2827	+ 0,0028	+ 0,990	
3.	0,5	1	0,7940	0,7854	+ 0,0086	+ 1,095	„
	0,5	2	0,7880	0,7854	+ 0,0026	+ 0,331	
4.	0,5	1	0,7760	0,7854	— 0,0094	— 1,197	„
	0,5	2	0,7805	0,7854	— 0,0049	— 0,624	
5.	0,7	1	1,5445	1,5394	+ 0,0051	+ 0,331	„
	0,7	2	1,5425	1,5394	+ 0,0031	+ 0,201	
6.	0,9	1	2,5280	2,5447	— 0,0167	— 0,656	„
	0,9	2	2,5380	2,5447	— 0,0067	— 0,263	
7.	1,1	1	3,8330	3,8013	+ 0,0317	+ 0,834	„
	1,1	2	3,8075	3,8013	+ 0,0062	+ 0,164	
8.	1,3	1	5,3105	5,3093	+ 0,0012	+ 0,022	„
	1,3	2	5,3143	5,3093	+ 0,0050	+ 0,094	

D.

Versuche an Kreisen, beschrieben mit verschiedenen Radien und mit innerhalb der Figur angenommenem Pol.

Nummer des Versuches.	Radius des Kreises in Decimetern.	Anzahl der Umfahrungen.	Beobachteter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Berechneter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Differenz zwischen dem beobachteten u. dem berechneten Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Differenz in Procenten.	Beobachter.
1.	0,3	1	0,2600	0,2827	— 0,0277	— 8,030	Lorenz.
	0,3	2	0,2480	0,2827	— 0,0347	— 12,274	
2.	0,5	1	0,7580	0,7854	— 0,0274	— 3,489	Junge.
	0,5	2	0,7460	0,7854	— 0,0394	— 5,016	
	0,5	2	0,7495	0,7854	— 0,0359	— 4,560	
3.	0,5	1	0,7560	0,7854	— 0,0294	— 3,744	Lorenz.
	0,5	2	0,7600	0,7854	— 0,0254	— 3,234	
4.	0,7	1	1,5051	1,5394	— 0,0343	— 2,228	Junge.
	0,7	2	1,5180	1,5394	— 0,0214	— 1,390	
5.	0,9	1	2,5170	2,5447	— 0,0277	— 1,088	„
	0,9	2	2,5095	2,5447	— 0,0352	— 1,383	
6.	0,1	1	3,7925	3,8013	— 0,0088	— 0,232	Lorenz.
	0,1	2	3,7923	3,8013	— 0,0090	— 0,236	

Nummer des Versuches.	Radius des Kreises in Decimetern.	Anzahl der Umfahrungen.	Beobachteter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Berechneter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Differenz zwischen dem beobachteten u. dem berechneten Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Differenz in Procenten.	Beobachter.
7.	1,3	1	5,2975	5,3093	—0,0118	—0,222	Lorenz.
	1,3	2	5,2992	5,3093	—0,0101	—0,190	
	1,3	2	5,2957	5,3093	—0,0136	—0,256	
8.	1,5	1	7,0870	7,0686	+0,0184	+0,260	"
	1,5	2	7,0915	7,0686	+0,0229	+0,324	
9.	1,7	1	9,1140	9,0792	+0,0348	+0,383	"
	1,7	2	9,1110	9,0792	+0,0318	+0,350	
10.	1,9	1	11,3645	11,3411	+0,0234	+0,206	"
	1,9	2	11,3597	11,3411	+0,0186	+0,164	
11-	2,1	1	13,9170	13,8544	+0,0626	+0,451	"
	2,1	2	13,9180	13,8544	+0,0636	+0,459	
12.	2,3	1	16,6360	16,6190	+0,0170	+0,102	"
	2,3	2	16,6395	16,6190	+0,0205	+0,123	
13.	2,5	1	19,6370	19,6349	+0,0021	+0,011	"
	2,5	2	19,6120	19,6349	—0,0229	—0,111	
14.	2,7	1	22,8460	22,9022	—0,0562	—0,245	"
	2,7	2	22,8400	22,9022	—0,0622	—0,271	
15.	2,9	1	26,3990	26,4208	—0,0218	—0,082	"
	2,9	2	26,3848	26,4208	—0,0360	—0,136	
16.	2,9	1	26,3855	26,4208	—0,0353	—0,134	"
	2,9	2	26,3860	26,4208	—0,0348	—0,128	

E.

Versuche an Quadraten, beschrieben über verschiedene Seiten und mit außerhalb der Figur angenommenem Pol.

Nummer des Versuches.	Seite des Quadrats in Decimetern.	Anzahl der Umfahrungen.	Beobachteter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Berechneter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Differenz zwischen dem beobachteten u. dem berechneten Flächeninhalte in Quadratdecimetern.	Differenz in Procenten.	Beobachter.
1.	0,4	1	0,1560	0,1600	—0,0040	—2,500	Junge.
	0,4	2	0,1590	0,1600	—0,0010	—0,625	
2.	0,5	1	0,2510	0,2500	+0,0010	+0,400	"
	0,5	2	0,2520	0,2500	+0,0020	+0,800	
3.	0,8	1	0,6440	0,6400	+0,0040	+0,625	"
	0,8	2	0,6405	0,6400	+0,0005	+0,078	
4.	1	1	1,0025	1,0000	+0,0025	+0,250	"
	1	2	1,0035	1,0000	+0,0035	+0,350	
5.	1,2	1	1,4465	1,4400	+0,0065	+0,452	"
	1,2	2	1,4400	1,4400	0,0000	0,000	

Nummer des Versuches.	Seite des Quadrats in Decimetern.	Anzahl der Umfahrungen.	Beobachteter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Berechneter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Differenz zwischen dem beobachteten u. dem berechneten Flächeninhalte in Quadratdecimetern.	Differenz in Procenten.	Beobachter.
6.	1,5	1	2,2520	2,2500	+ 0,0020	+ 0,089	Junge.
	1,5	2	2,2555	2,2500	+ 0,0050	+ 0,244	
7.	1,6	1	2,5535	2,5600	— 0,0065	— 0,254	"
	1,6	2	2,5590	2,5600	— 0,0010	— 0,039	
	1,6	2	2,5603	2,5600	+ 0,0003	+ 0,001	
8.	2	1	4,0070	4,0000	+ 0,0070	+ 0,175	"
	2	2	4,0095	4,0000	+ 0,0095	+ 0,238	
9.	2,5	1	6,2640	6,2500	+ 0,0140	+ 0,224	"
	2,5	2	6,2640	6,2500	+ 0,0140	+ 0,224	

F.

Versuche an Quadraten, beschrieben über verschiedenen Seiten und mit innerhalb der Figur angenommenem Pol.

Nummer des Versuches.	Seite des Quadrats in Decimetern.	Anzahl der Umfahrungen.	Beobachteter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Berechneter Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Differenz zwischen dem beobachteten u. dem berechneten Flächeninhalt in Quadratdecimetern.	Differenz in Procenten.	Beobachter.
1.	0,5	1	0,2360	0,2500	— 0,0140	— 5,600	Junge.
	0,5	2	0,2310	0,2500	— 0,0190	— 7,600	
	0,5	2	0,2340	0,2500	— 0,0160	— 6,400	
2.	0,8	1	0,6150	0,6400	— 0,0250	— 3,907	"
	0,8	2	0,6017	0,6400	— 0,0383	— 5,985	
3.	1	1	0,9760	1,0000	— 0,0240	— 2,400	"
	1	2	0,9810	1,0000	— 0,0190	— 1,900	
4.	1,5	1	2,2345	2,2500	— 0,0155	— 0,689	"
	1,5	2	2,2350	2,2500	— 0,0150	— 0,667	
5.	2	1	3,9950	4,0000	— 0,0050	— 0,125	"
	2	2	3,9885	4,0000	— 0,0115	— 0,288	
6.	2,5	1	6,2370	6,2500	— 0,0130	— 0,208	"
	2,5	2	6,2345	6,2500	— 0,0155	— 0,248	
7.	3	1	8,9960	9,0000	— 0,0040	— 0,044	"
	3	2	8,9925	9,0000	— 0,0075	— 0,083	
8.	3,5	1	12,2535	12,2500	+ 0,0035	+ 0,029	"
	3,5	2	12,2377	12,2500	+ 0,0123	— 0,100	
9.	4	1	15,9840	16,0000	— 0,0160	— 0,010	"
	4	2	15,9775	16,0000	— 0,0225	— 0,140	

Versuche über die Ausströmung der Luft unter hohem Drucke durch Mundstücke und Röhren von verschiedenen Formen und Dimensionen,

angestellt im Sommer 1856

vom

Bergrath Prof. Dr. **Julius Weisbach.**

(Fortsetzung.)

---

§ 15. Die Zusammenstellung der Ergebnisse einiger Ausströmungsversuche auf Tafel B. und die hierzu gegebenen Erläuterungen in §. 13 und §. 14 hatten nur den Zweck, die vier verschiedenen Formeln für die Ausflußgeschwindigkeit der Luft miteinander zu vergleichen und die Richtigkeit derselben in den durch sie erlangten Resultaten zu prüfen. Hieraus ist hervorgegangen, daß die zweite und dritte Formel verworfen werden müssen, weil keine von beiden für den Ausfluß der Luft durch ein gut abgerundetes conoidisches Mundstück den Ausflußcoefficienten nahe Eins, nämlich die eine denselben zu klein und die andere ihn viel zu groß giebt. Deshalb ist bei den folgenden Berechnungen der übrigen Versuche von der Anwendung dieser beiden Formeln ganz abgesehen worden. Die letzte Formel giebt dagegen nicht nur für das conoidische, sondern auch für das lange conische Mundstück mit innerer Abrundung (Düsenmundstück) den Ausflußcoefficienten $\mu = 0{,}98$, welcher nur wenig kleiner als Eins ist, und auch beim Ausfluß des Wassers vorkommt. Da nun auch die nach Formel Nr. 1 berechneten Werthe des Ausflußcoefficienten für das angegebene Mundstück etwas kleiner ausfallen, als die nach Nr. 4 berechneten, so ist später Formel IV. als die allein richtige angenommen, und sind deshalb alle übrigen Versuche nach dieser Formel berechnet, und deren Ergebnisse in den Tafeln C, D, E, F und G zusammengestellt worden.

Die Berechnungen selbst sind mittels der Formel

$$\mu = \frac{(h-h_2)\,V}{b\,C\,t} \cdot \frac{A_2 - A_1}{x_1 - x_2}$$

$$= \frac{0{,}011827}{(1+\psi)\sqrt{1+0{,}004\,\tau}\,F\,t} \cdot \frac{h-h_2}{b} \cdot \frac{A_2 - A_1}{x_1 - x_2}$$

genau so vollzogen worden, wie man bereits § 13 in einem Beispiele gezeigt hat. Hierbei ist jedoch nur die vierte Abtheilung (IV.) von der Hilfstabelle A. zur Anwendung gekommen. Bei den meisten Versuchen wurde der Druck der Luft im Ausströmungsreservoir durch eine Quecksilbersäule gemessen, jedoch ist auch bei einigen Versuchen, und zwar bei solchen mit kleinen Spannungen, die Größe des inneren Luftdruckes durch eine Wassersäule gemessen worden, weshalb dann in der Hauptformel der Barometerstand b auch durch die Höhe einer Wassersäule auszudrücken, d. i. statt des beobachteten Barometerstandes b, der Mittelwerth 13,6 b einzusetzen war.

§ 16. Die Tabellen C und D enthalten die Beobachtungs- und Berechnungsergebnisse der nach Formel IV. berechneten Versuche über den Ausfluß der Luft durch Mündungen in dünnen Wänden und durch einfache kurze Mundstücke, und zwar Tabelle C die Ergebnisse bei höherem, durch eine Quecksilbersäule gemessenen, und Tabelle D die bei niedrigerem, durch die Höhe einer Wassersäule angegebenen Drucke. Die Art und Weise, wie die Berechnung dieser Versuche geführt worden ist, wird folgendes Beispiel darlegen. Das conoidische Mundstück, Fig. 9, hat in der Ausmündung 1,002 Centimeter Weite, daher den Inhalt $F = (0{,}501)^2\pi = 0{,}7885$ Quadratcentimeter; der äußere Barometerstand, bei welchem der Versuch mit diesem Mundstück angestellt wurde, betrug 0,7330 Meter und die äußere Lufttemperatur $\tau = 27$ Grad C. Während der Ausflußzeit $t = 60$ Secunden sank der den inneren Ueberdruck messende Piezometerstand von $h = 1{,}0235$ Meter auf $h_1 = 0{,}6605$ Meter, stieg aber nach Verschluß der Mündung wieder auf $h_2 = 0{,}7080$ Meter.

Hiernach ist

$$\psi = \frac{h_2 - h_1}{4\,(b + h_1)} = \frac{0{,}7080 - 0{,}6605}{4\,(0{,}7330 + 0{,}6605)}$$

$$= \frac{0{,}011875}{1{,}3975} = 0{,}008522.$$

$1 + \psi = 1{,}00852$, ferner

$\sqrt{1+0{,}004\,\tau} = \sqrt{1+0{,}004 \,.\, 27} = \sqrt{1{,}108} = 1{,}0526,$
und

$$\frac{h-h_2}{b} = \frac{1{,}0235 - 0{,}7080}{0{,}7330} = \frac{0{,}3155}{0{,}733} = 0{,}43042,$$

daher

$$\mu = \frac{0{,}011827}{(1+\psi)\sqrt{1+0{,}004\,\tau}\,.\,F t} \cdot \frac{h-h_2}{b} \cdot \frac{A_2-A_1}{x_1-x_2}$$

$$= \frac{0{,}011827 \,.\, 0{,}43042}{1{,}00852 \,.\, 1{,}0526 \,.\, 0{,}00007885 \,.\, 60} \cdot \frac{A_2-A_1}{x_1-x_2}$$

$$= 1{,}01361 \frac{A_2-A_1}{x_1-x_2}.$$

Nun hat man noch

$$x_1 = 1+\frac{h}{b} = 1+\frac{1{,}0235}{0{,}7330} = 2{,}39632,$$

$$x_2 = 1+\frac{h_1}{b} = 1+\frac{0{,}6605}{0{,}7330} = 1{,}90109,$$

daher folgt $x_1 - x_2 = 0{,}49523$ und der Ausflußcoefficient

$$\mu = \frac{1{,}01361}{0{,}49523}(A_2-A_1) = 2{,}0467\,(A_2-A_1).$$

Endlich ist nach Tab. A., Abtheil. IV. für $x_1 = 2{,}39632$,

$$A_1 = 0{,}095011 - 0{,}632 \,.\, (0{,}095011 - 0{,}086232)$$
$$= 0{,}095011 - 0{,}005548 = 0{,}089463,$$

und für $x_2 = 0{,}90109$,

$$A_2 = 0{,}569548 - 0{,}109 \,.\, (0{,}569548 - 0{,}558780)$$
$$= 0{,}569540 - 0{,}001173 = 0{,}56837,$$

und daher der gesuchte Ausflußcoefficient für dieses conoidische Mundstück, bei dem mittleren Drucke: $\frac{x_1+x_2}{2}$ $= 2{,}1487$ Atmosphären

$$\mu = 2{,}0467\,(0{,}56837 - 0{,}089463)$$
$$= 2{,}0467 \,.\, 0{,}47891 = 0{,}9802,$$

wie auch in Tab. B. und Tab. C. angegeben wird.

Ebenso ist der Ausflußcoefficient eines Mundstückes zu berechnen, wenn der Druck ein kleinerer und durch die Höhe einer Wassersäule gemessen worden ist.

Das längere Düsenmundstück, welches in Fig. 2 abgebildet ist, hat bei einer Länge von 15 Centimetern die Mündungsweite $d = 0{,}966$ Centimeter, folglich den Mündungsquerschnitt $F = 0{,}7329$ Quadratcentimeter. Bei dem Barometerstand $b = 0{,}7417$ Meter $= 13{,}6 \,.\, 0{,}7417 = 10{,}0871$ Meter Wassersäule, und der Lufttemperatur $\tau = 18$ Grad, sank in der Zeit $t = 60$ Secunden, während der Eröffnung der Mündung, das Wasserpiezometer von $h = 1{,}3645$ auf $h_1 = 0{,}2670$ Meter, aber nach Verschluß derselben stieg dasselbe wieder auf $h_2 = 0{,}4030$ Meter.

Hiernach folgt

$$\psi = \frac{h_2-h_1}{4\,(b+h_1)} = \frac{0{,}1360}{4\,(10{,}0871+0{,}2670)}$$
$$= \frac{0{,}034}{10{,}3541} = 0{,}003284,$$

und $1+\psi = 1{,}003284$, ferner

$\sqrt{1+0{,}004 \,.\, 18} = \sqrt{1{,}072} = 1{,}03537$ und

$$\frac{h-h_2}{b} = \frac{0{,}9615}{10{,}0871} = 0{,}095319, \text{ daher}$$

$$\mu = \frac{0{,}011827 \,.\, 0{,}095319}{1{,}003284 \,.\, 1{,}03537 \,.\, 0{,}00007329 \,.\, 60} \cdot \frac{A_2-A_1}{x_1-x_2}$$

$$= 0{,}246796 \frac{A_2-A_1}{x_1-x_2}.$$

Nun ist noch

$$x_1 = 1+\frac{h}{b} = 1+\frac{1{,}3645}{10{,}0871} = 1{,}13527, \text{ und}$$

$$x_2 = 1+\frac{h_1}{b} = 1+\frac{0{,}2670}{10{,}0871} = 1{,}02647,$$

daher $x_1 - x_2 = 0{,}10880$ und

$$\mu = \frac{0{,}246796}{0{,}10880}(A_2-A_1) \doteq 2{,}26835\,(A_2-A_1).$$

Endlich ist nach Tab. A., Abtheil. IV. für $x_1 = 1{,}13527$

$$A_1 = 1{,}746350 - 0{,}013533 \,.\, {}^{27}/_{500}\,.$$
$$= 1{,}746350 - 0{,}000731 = 1{,}745619,$$

und für $x_2 = 1{,}02647$

$$A_2 = 2{,}166025 - 0{,}008909 = 2{,}157116,$$

und daher der gesuchte Ausflußcoefficient bei dem mittleren Drucke:

$$\frac{x_1+x_2}{2} = 1{,}0809 \text{ Atmosphären},$$

$$\mu = 2{,}26835\,(2{,}157116 - 1{,}745619)$$
$$= 2{,}26835 \,.\, 0{,}41150 \doteq 0{,}9335,$$

wie auch Tabelle D angiebt.

§ 17. Die Tabellen C und D geben zuerst die Ausflußcoefficienten für fünf verschiedene **Kreismündungen** in der dünnen ebenen Wand an. Man ersieht, daß diese Coefficienten bei allen diesen Mündungen nahe dieselben sind, daß sie aber mit der Druckhöhe bedeutend abnehmen. Bei dem mittleren Ueberdruck

$\frac{x_1+x_2}{2} - 1 = 1{,}157$ Atmosphären ist im Mittel $\mu = 0{,}788$, dagegen für

$\frac{x_1+x_2}{2} - 1 = 0{,}374$ „ $\mu = 0{,}734$, und für

$\frac{x_1+x_2}{2} - 1 = 0{,}060$ „ $\mu = 0{,}562$.

Ferner giebt Tabelle C unter (6) den Ausflußcoefficienten für eine Kreismündnng, deren Umfang durch eine

normale Wand innen zur Hälfte eingefaßt ist, $\mu = 0{,}6696$, welcher den Coefficienten $\mu = 0{,}6674$ für eine gleiche Mündung ohne Einfassung, bei nahe gleichem Drucke, nur wenig übertrifft. Es macht sich hiernach bei Kreismündungen die partielle Contraction der Luftstrahlen in Hinsicht auf die Ausflußmenge wenig geltend.

Dagegen ist, wie Nr. 7 und Nr. 8 ausweisen, der Ausflußcoefficient für eine Kreismündung in der conisch convergenten dünnen Wand (Fig. 6) viel größer als der für eine solche in der conisch divergenten Wand (Fig. 7). Es war der Convergenzwinkel der ersteren Mündung gleich dem Divergenzwinkel der zweiten, nämlich = 100 Grad. Bei circa 0,30 Atmosphäre Ueberdruck gab z. B. die Kreismündung in der ebenen Wand $\mu = 0{,}667$; dagegen dieselbe in der conisch convergenten Wand $\mu = 0{,}723$ und dieselbe in der conisch divergenten Wand $\mu = 0{,}589$.

Die quadratische Mündung in der dünnen ebenen Wand (Fig. 5) gab unter Nr. 9 den Werth $\mu = 0{,}6556$, nur etwas kleiner als den Ausflußcoefficienten $\mu = 0{,}6674$ für eine fast gleiche Kreismündung unter dem nämlichen mittleren Ueberdrucke $\frac{x_1 + x_2}{2} - 1 = 0{,}29$ Atmosphäre. War eine fast gleiche quadratische Mündung auf 2 Seiten eingefaßt, so daß nur am halben Umfange derselben Contraction eintreten konnte, so fiel der Ausflußcoefficient $\mu = 0{,}7033$, also ansehnlich größer aus, als bei uneingefaßter Mündung. Es ist also hier der Einfluß der partiellen Contraction auf den Ausfluß ein nicht unbedeutender.

Für das kurze conoidische Mundstück Fig. 9 ist, wie schon im Obigen hervorgehoben wurde, der Ausflußcoefficient bei hohem Drucke nahe Eins. Es weisen aber die Zahlenwerthe aus Tabelle D nach, daß der Werth von μ mit dem Drucke etwas abnimmt, und bei sehr kleinem Drucke nicht unbedeutend unter Eins ausfällt. Während Nr. 11 in Tab. C für den mittleren Ueberdruck $\frac{x_1 + x_2}{2} - 1 = 0{,}65$ Atmosphäre $\mu = 0{,}977$ giebt, ist Nr. 5 in Tab. D für den kleinen Ueberdruck $\frac{x_1 + x_2}{2} - 1 = 0{,}077$, $\mu = 0{,}915$.

Die kurzen cylindrischen Ansatzröhren, Fig. 10, von verschiedenen Weiten ($d = 1{,}012$; $d = 1{,}402$; $d = 2{,}488$ Centimeter) geben bei dem höheren Ueberdrucke $\frac{x_1 + x_2}{2} - 1 = 0{,}54$ Atmosphäre nach Tab. C den Ausflußcoefficienten $\mu = 0{,}823$, fast wie beim Wasser, dagegen ist nach Nr. 9 Tab. D für den kleinen Ueberdruck $\frac{x_1 + x_2}{2} - 1 = 0{,}072$ Atmosphäre $\mu = 0{,}762$.

Eine längere cylindrische Röhre von der Mündungsweite $d = 1{,}012$ Centimeter und der Länge $l = 15$ Centimeter, ähnlich wie Fig. 14, giebt nach Nr. 15, Tab. C, bei den höheren Pressungen: $\frac{x_1 + x_2}{2} - 1 = 1{,}15$; 0,62 und 0,31 die Ausflußcoefficienten: $\mu = 0{,}797$; 0,760 und 0,752 also ebenfalls eine abnehmende Reihe.

Die einfache cylindrische Röhre, Fig. 11, mit innerer Abrundung giebt nach Nr. 16 im Mittel

$$\text{für } \frac{x_1 + x_2}{2} - 1 = 0{,}45;\ \mu = 0{,}925;$$

es ist also durch die Abrundung der Einmündung der cylindrischen Röhre der Ausfluß bedeutend vergrößert worden.

Eine kurze innere Ansatzröhre, Fig. 8, gab $\mu = 0{,}712$ bis 0,770, also so groß, daß ein einfacher Ausfluß mit der Maximalcontraction, wie beim Wasser beobachtet wird, nicht stattgefunden haben konnte.

Eine kurze conische Röhre, Fig. 12, mit 7°, 9′ Seitenconvergenz, der Ausmündungsweite $d = 1{,}004$ Centimeter und der ganzen Länge $l = 4$ Centimeter führte bei dem höheren Drucke, nach Nr. 20, Tab. C, für $\frac{x_1 + x_2}{2} - 1 = 0{,}45$ auf den Ausflußcoefficienten $\mu = 0{,}933$; dagegen bei dem kleineren Ueberdrucke, nach Nr. 10, Tab. D, $\frac{x_1 + x_2}{2} - 1 = 0{,}081$ Atmosphäre auf $\mu = 0{,}9106$.

Eine ähnliche kurze conische Ansatzröhre, Fig. 13, mit innerer Abrundung, jedoch außen cylindrisch verlaufend, von 1,012 Centimeter Mündungsweite, bei 4 Centimeter Länge gab bei dem Ueberdruck $\frac{x_1 + x_2}{2} - 1 = 0{,}65$ Atmosphäre, im Mittel $\mu = 0{,}951$; also, wie zu erwarten war, der Einheit noch näher.

Die längeren conischen Ansatzröhren, oder sogenannten Düsenmundstücke haben auf noch größere Ausflußcoefficienten geführt. Das vollständige kleine Düsenmundstück, Fig. 2, von 0,966 Centimeter Mündungsweite und 15,5 Centimeter Länge gab nach Nr. 19, Tab. C,

$$\text{für } \frac{x_1 + x_2}{2} - 1 = 1{,}157 \text{ Atmosphäre,} \quad \mu = 0{,}984,$$

$$\text{„ } \frac{x_1 + x_2}{2} - 1 = 0{,}466 \quad \text{„} \quad \mu = 0{,}937,$$

und nach Nr. 7, Tab. D,

$$\text{für } \frac{x_1 + x_2}{2} - 1 = 0{,}080 \quad \text{„} \quad \mu = 0{,}933.$$

Dieselbe Röhre abgekürzt, so daß sie bei der Mündungsweite 1,404 Centimeter, die Länge 10,5 Centimeter behielt, führte bei dem inneren Ueberdruck von 0,080 Atmosphäre auf $\mu = 0{,}938$. Das vollständige größere Düsenmundstück, ähnlich wie Fig. 2, von 5,1 Centimeter Weite in der Ein- und 1,580 Centimeter Weite in der Ausmündung und 20,5 Centimeter Länge, gab nach Nr. 21, Tab. C, im Mittel

für $\frac{x_1+x_2}{2} - 1 = 0{,}728$ Amosphäre, $\mu = 0{,}953$,

und nach Nr. 6, Tab. D,

„ $\frac{x_1+x_2}{2} - 1 = 0{,}083$ „ $\mu = 0{,}952$.

§. 18. Die Versuche über das Ausströmen und über die Reibung der Luft in Röhren sind auf gleiche Weise ausgeführt worden, wie die Versuche über den Ausfluß derselben durch kurze Mundstücke; auch ist die Berechnung dieser Versuche bis zur Ermittelung der Ausflußcoefficienten dieselbe wie bei den Mundstücken, und wie ich schon oben, § 16, in einigen Beispielen gezeigt habe. Die Ergebnisse dieser Versuche sind sammt den Versuchswerthen in Tab. E zusammengestellt. Die zu diesen Versuchen verwendeten Röhren waren:

1) eine engere Glasröhre von ungefähr 200 Centimeter Länge und reichlich 1 Centimeter Weite,
2) eine ganz ähnliche Messingröhre,
3) eine weitere Glasröhre von circa 170 Centimeter Länge und 1,4 Centimeter Weite,
4) eine weitere Messingröhre von 298 Centimeter Länge, und
5) eine Zinkröhre von 1016 Centimeter Länge und nahe $2^4/_9$ Centimeter Weite.

Diese Röhren waren im Innern nahe cylindrisch und ganz glatt. Die mittlere Weite (d_1) derselben wurde auf die bekannte Weise aus der Länge l und aus dem die Röhre ausfüllenden Wasservolumen V durch die Formel $d_1 = \frac{V}{l}$ berechnet. (S. die Abhandlung über den Ausfluß des Wassers unter hohem Drucke im 9. Bande dieser Zeitschrift.) Da der Widerstand, welchen die Bewegung des Wassers in Röhreu erleidet, aus dem Widerstand beim Eintritt und aus dem Reibungswiderstande zusammengesetzt ist, so erfordert die Bestimmung des letzteren, daß man auch den ersteren kenne. Deshalb hat man auch noch Ausflußversuche an einem Mundstücke, Fig. 14, angestellt, welches aus dem Einmündungsstück LM und dem Ausmündungsstück MF der ganzen Röhrenverbindung zusammengesetzt ist.

Da die längere Messing- und die lange Zinkröhre in horizontaler Richtung gelegt werden mußten, so war es hier überdies wohl nöthig, eine Kropfröhre zwischen dem Einmündungsstück und der langen Röhre einzuschalten, und auch mit der aus dem Einmündungsstück LM, dem Kropfstück MN und dem Ausmündungsstück NF bestehenden Mundstück LMNF, Fig. 15, besondere Versuche anzustellen, deren Ergebnisse in I, Nr. 6 und Nr. 7, sowie in II, Nr. 6 von Tab. E. aufgeführt werden.

Ist nun ζ_1 der Widerstandscoefficient für die ganze Röhrenverbindung, und ζ_0 der Widerstandscoefficient für das zusammengesetzte Mundstück LF, Fig. 14, oder nach Befinden LNF, Fig. 15, so kann man den Coefficienten, welcher die Reibung der Luft in der zwischen LM und MF eingeschalteten langen Röhre angiebt,

$$\zeta_2 = \zeta_1 - \zeta_0$$

setzen, und sind die Ausflußcoefficienten μ_1 und μ_0, so hat man auch $\zeta_1 = \frac{1}{\mu_1^2} - 1$, sowie

$$\zeta_0 = \frac{1}{\mu_0^2} - 1, \text{ und daher}$$

$$\zeta_2 = \frac{1}{\mu_1^2} - \frac{1}{\mu_0^2}.$$

Die Werthe für μ_0 und μ_1 sind in der Columne Nr. 19, so wie die der Coefficienten in den Columnen Nr. 21 und Nr. 22 und die der Differenz $\zeta_2 = \zeta_1 - \zeta_0$ in der Columne Nr. 23, Tab. E enthalten. Der Reibungscoefficient der langen Röhre ist durch die Formel

$$\zeta = \zeta_2 \frac{d_1}{l} \left(\frac{d_1}{d}\right)^4$$

bestimmt, in welcher d_1 die mittlere Röhrenweite, d die Mündungsweite und l die Länge der Röhre bezeichnen. (S. Seite 19 der oben citirten Abhandlung.) Die hiernach berechneten Werthe der Reibungscoefficienten der Luft sind in der letzten Columne der Tabelle E. verzeichnet. Jedenfalls nimmt auch bei der Luft der Coefficient des Reibungswiderstandes ab, wenn die Geschwindigkeit der Luft größer wird; um über diese Veränderlichkeit von ζ näheren Aufschluß zu erhalten, sind noch in Columne Nr. 18 die unter dem äußeren Luftdruck gemessene Ausflußmenge $V = \left(\frac{h-h_2}{b}\right) V_0$ und in Columne Nr. 19 die hieraus berechneten mittleren Geschwindigkeitswerthe

$$v_1 = \frac{V}{F_1 t} = \frac{4V}{\pi d_1^2 t} = \frac{4}{\pi} \left(\frac{h-h_2}{b}\right) \frac{V_0}{d_1^2 t}$$

aufgeführt worden.

Diese Formel für die mittlere Geschwindigkeit der Luft in der Röhre ist nur annähernd richtig, weil sie voraussetzt, daß die Dichtigkeit der Luft während des Durchströmens durch die Röhre constant, und zwar der der äußeren Luft gleich sei.

§ 19. Aus folgendem Beispiel ist zu ersehen, wie aus den durch die Berechnung der Versuche gefundenen Ausflußcoefficienten die Reibungscoefficienten bestimmt werden.

Für die engere Messingröhre, deren Länge $l = 200$, und mittlere Weite $d_1 = 1{,}0378$ Centimeter ist, hat man in einem Falle nach Tab. E, I. 3 den Ausflußcoefficienten $\mu_1 = 0{,}45862$, dagegen für dessen Ein- und Ausmündungsstück $\mu_0 = 0{,}85965$ gefunden. Es sind hiernach die entsprechenden Widerstandscoefficienten:

$$\zeta_1 = \frac{1}{\mu_1^2} - 1 = 3{,}75438 \text{ und}$$

$$\zeta_0 = \frac{1}{\mu_0^2} - 1 = 0{,}35318;$$

daher folgt der Widerstandscoefficient für die lange Röhre allein:

$$\zeta_2 = \zeta_1 - \zeta_0 = 3{,}4012,$$

und endlich der Reibungscoefficient derselben:

$$\zeta = \zeta_2 \frac{d_1}{l} \left(\frac{d_1}{d}\right)^4 = 3{,}4012 . \frac{1{,}0378}{200} \left(\frac{1{,}0378}{1{,}012}\right)^4$$

$$= 3{,}4012 . 0{,}005189 . (1{,}0255)^4 = 0{,}019518,$$

wie auch die letzte Columne angiebt.

Die mittlere Geschwindigkeit der Luft in der Röhre ist hierbei annähernd:

$$v_1 = \frac{V}{F_1 t} = \frac{4V}{\pi d_1^2 t} = \left(\frac{h - h_2}{b}\right) \frac{4 V_0}{\pi d_1^2 t}$$

$$= \frac{0{,}2860 - 0{,}1485}{0{,}7377} . \frac{4{,}672 . 4}{(1{,}0378)^2 . 110 . \pi}$$

$$= 0{,}87081 . \frac{1182{,}17}{110} = 93{,}587 \text{ Meter},$$

wie auch in Columne Nr. 17 angegeben wird.

Bei der größeren Geschwindigkeit $v_1 = 148{,}718$ Metern ist dagegen $\zeta = 0{,}015181$ gefunden worden. Ferner giebt Tab. E, II. in Nr. 3 für $v_1 = 51{,}129$ Meter,

$$\zeta_2 = 4{,}37455 - 0{,}37220 = 4{,}00235, \text{ und daher}$$

$$\zeta = \zeta_2 \frac{d_1}{l} \left(\frac{d_1}{d}\right)^4 = 1{,}00235 . 0{,}005189 . (1{,}0255)^4$$

$$= 0{,}022969,$$

und für $v = 34{,}132$ Fuß

$$\zeta = (5{,}10206 - 0{,}37220) . 0{,}0057387 = 0{,}027143,$$

wie auch in der letzten Columne von Tabelle E angegeben wird.

Es fällt also hiernach der Widerstandscoefficient größer aus, je kleiner die Geschwindigkeit der bewegten Luft ist. Genau dasselbe Verhältniß findet auch bei den übrigen Röhren statt, wie folgende Tabelle übersichtlich vor Augen führt.

Tabelle der Reibungscoefficienten.

1) Die engere Glasröhre von 1,06528 Centimeter Weite.

Für die Geschwindigkeit v_1 =	140,137	96,221	47,208	30,184	Meter
ist der Reibungscoefficient ζ =	0,016644	0,020675	0,028369	0,032809	

2) Die engere Messingröhre von 1,0378 Centimeter Weite.

Für die Geschwindigkeit v_1 =	148,718	93,587	51,129	34,132	Meter
ist der Reibungscoefficient ζ =	0,015181	0,019518	0,022969	0,027143	

3) Die weitere Glasröhre von 1,4302 Centimeter Weite.

Für die Geschwindigkeit v_1 =	184,955	110,710	45,816	Meter
ist der Reibungscoefficient ζ =	0,013915	0,019092	0,025572	

4) Die weitere Messingröhre von 1,4336 Centimeter Weite.

Für die Geschwindigkeit v_1 =	151,301	100,323	34,433	Meter
ist der Reibungscoefficient ζ =	0,011714	0,014905	0,027305	

5) Die Zinkröhre von 2,4949 Centimeter Weite.

Für die Geschwindigkeit v_1 =	108,179	87,115	63,711	26,775	Meter
ist der Reibungscoefficient ζ =	0,013717	0,015534	0,017927	0,023345	

§ 20. Die Ergebnisse der Versuche über den Widerstand der Luft beim Durchströmen von Kropf- und Knieröhren sind in Tab. F niedergelegt worden. Diese Röhren hatten theils die Weite von 1,012, theils die von 1,402 Centimeter, und waren stets mit einem innen abgerundeten cylindrischen Einmündungsstück LM, Fig. 15, von derselben Weite vereinigt. Das angesetzte Kropfstück MN hatte einen der Röhrenweite nahe gleichen Krümmungshalbmesser; das an dessen Stelle einzuschraubende Kniestück bestand aus zwei rechtwinkelig gegeneinander gestellten Schenkeln, deren Länge nahe das Doppelte der Röhrenweite maaß. Da zu erwarten stand, daß der Luftstrom beim Durchgang durch das Kropf- oder Knieende (N) contrahirt ist, und daher den Querschnitt des letzteren nicht ausfüllt, so wurden auch noch Versuche angestellt, wobei das Kropf- oder Kniestück mit einer kurzen cylindrischen Ansatzröhre NF versehen war, auch solche mit vereinigtem Ein- und Ausmündungsstück, ohne Kropf- oder Knieröhre. Aus dem Widerstandscoefficienten ζ_1 der ganzen Röhrenverbindung und dem Widerstandscoefficienten ζ_0 des zu einem Ganzen verbundenen Ein- und Ausmündungsstückes ergab sich schließlich der Widerstandscoefficient ζ des einfachen Kropf- oder Knierohrs durch die Formel

$$\zeta = \zeta_1 - \zeta_0.$$

Bei den Versuchen ohne besondere Ausmündungsröhren mußte man für ζ_0 den Widerstandscoefficienten des einfachen cylindrischen Einmündungsstückes einsetzen; da aber aus den angegebenen Gründen diese Versuche keine genügende Sicherheit und Genauigkeit geben, so ist auf die Ermittelung von ζ ganz Verzicht geleistet worden.

Für das aus drei kurzen cylindrischen Röhren bestehende Mundstück Nr. 1 in Tab. F, I. wird in Columne Nr. 22 der Widerstandscoefficient $\zeta_0 = 0{,}41168$ angegeben; für dasselbe Mundstück mit eingeschalteter Knieröhre ist dagegen nach Nr. 3 in Columne Nr. 22 derselben Tabelle, $\zeta_1 = 1{,}88704$; daher folgt durch Subtraction der Widerstandscoefficient für das einfache Kniestück:

$$\zeta = \zeta_1 - \zeta_2 = 1{,}88704 - 0{,}41168 = 1{,}47536,$$

wie auch die letzte Columne angiebt.

Ist statt des Kniestücks eine Kropfröhre eingesetzt, wie Fig. 15 darstellt, so hat man nach Nr. 5, Columne Nr. 22, $\zeta_1 = 0{,}77037$, und es stellt sich hier der Widerstandscoefficient der einfachen Kropfröhre:

$$\zeta = 0{,}77037 - 0{,}41168 = 0{,}36769 \text{ heraus.}$$

Der Doppelkropf, dessen Versuchsresultate in Nr. 6 und Nr. 7 verzeichnet sind, bestand aus der letzten Röhrenverbindung und aus einer zwischen den beiden letzten cylindrischen Ansatzstücken eingeschalteten Kropfröhre von 180 Grad Krümmung. Für dieselbe ist $\zeta_1 = 1{,}04604$, daher hat man für beide Kropfröhren zusammen nur $\zeta = 0{,}63436$.

Auf dieselbe Weise sind auch die Widerstandscoefficienten für die weiteren Knie- und Kropfröhren berechnet und in Tab. F zusammengestellt worden. Man ersieht aus dieser Tabelle, daß die Widerstandscoefficienten für die Knieröhren viel größer sind, als die für die Kropfröhren. Während z. B. bei der kleineren Röhrenweite der Widerstandscoefficient für die Kropfröhren 0,28056 bis 0,36769 ist, fällt er dagegen für die Knieröhren zwischen 1,60425 und 1,47536.

§ 21. Vergleichung der Ausströmungs- und Widerstandscoefficienten der Luft mit denen des Wassers.

Da ich mit denselben Mundstücken und Röhren außer den Ausströmungsversuchen mit Luft auch solche mit Wasser, und zwar unter sehr verschiedenem Drucke, angestellt habe (s. die bezüglichen Abhandlungen des Verfassers in Bd. V, Bd. IX und Bd. X des Civilingenieurs), so war es möglich, die Ausflußgesetze beider Flüssigkeiten in folgender Zusammenstellung mit einander zu vergleichen.

1) Der Ausfluß des Wassers durch eine Kreismündung von circa 1 Centimeter Durchmesser in der dünnen ebenen Wand gab

bei der Druckhöhe $h =$	0,020	0,101	0,909	13,574	103,578	Meter.
oder der theoretischen Ausflußgeschwindigkeit $v = \sqrt{2gh} =$	0,626	1,408	4,223	16,319	45,080	„
den Ausflußcoefficienten $\mu =$	0,711	0,665	0,641	0,632	0,600.	

Der Ausfluß der Luft durch dieselbe Mündung gab

bei der mittleren Wassersäulendruckhöhe $\frac{h+h_1}{2} =$	0,553	0,907	2,911	4,29	6,50	8,90	11,56	Meter.
oder der Ausflußgeschwindigkeit $v =$	86	115	218	267	328	383	438	„
den Ausflußcoefficienten $\mu =$	0,563	0,584	0,667	0,692	0,722	0,754	0,788.	

Man ersieht hieraus, daß der Ausflußcoefficient, sowie auch der demselben nahe gleichkommende Contractionscoefficient der Luft mit dem Drucke allmälig zunimmt, wogegen der des Wassers abnimmt, wenn der Druck oder die Ausflußgeschwindigkeit größer wird.

2) Auch erkennt man, daß sogar innerhalb einer kürzeren Druck- oder Geschwindigkeitsscala die Contraction der Luftstrahlen viel mehr veränderlich ist, als die der Wasserstrahlen. Es ist μ nahe $= {}^2/_3$, für die atmosphärische Luft, bei der Druckhöhe von 2,91 Meter und der Ausflußgeschwindigkeit $v = 218$ Meter, dagegen für das Wasser bei der Druckhöhe von 0,101 Meter und Ausflußgeschwindigkeit $v = 1{,}408$ Meter.

3) Für größere Kreismündungen in der dünnen Wand ist unter demselben Drucke sowohl bei der Luft, als auch beim Wasser der Ausflußcoefficient kleiner als für kleinere Kreismündungen. Z. B. ist bei der Luft, für $d = 1{,}010$ Centimeter, $\mu = 0{,}722$, und für $d = 1{,}725$ Centimeter, unter nahe demselben Drucke, $\mu = 0{,}666$; ebenso, bei dem Wasser für $d = 1{,}010$ Cent., $\mu = 0{,}632$, und nahe unter demselben Drucke, für $d = 1{,}725$ Cent., $\mu = 0{,}612$.

4) Die quadratischen Mündungen geben bei beiden Flüssigkeiten nahe denselben Ausflußcoefficienten.

5) Die Kreismündung vom Durchmesser $d = 1{,}020$ Centimeter in der conisch convergenten Wand (Fig. 6) giebt sowohl bei der Luft, als beim Wasser einen größeren Ausflußcoefficienten, also eine schwächere Contraction, als die gleichgroße Kreismündung in der dünnen ebenen Wand. Ebenso ist bei einer gleichen Kreismündung in der conisch divergenten Wand (Fig. 7) bei beiden Flüssigkeiten der Ausflußcoefficient kleiner, also die Contraction des Strahles stärker als bei einer gleichen Kreismündung in der ebenen Wand.

6) Die partielle Contraction macht sich bei den Luftstrahlen sowohl an der Kreismündung, als auch an der quadratischen Mündung, wenn dieselben am halben Umfang durch eine glatte Fläche eingefaßt sind, durch eine mäßige

Steigerung des Ausflußcoefficienten bemerkbar, und zwar ähnlich wie bei den Wasserstrahlen unter hohem Drucke, aber abweichend von den Wasserstrahlen beim Ausfluß unter einem kleinen Drucke. In diesem Falle ist μ ansehnlich größer, als beim Ausfluß mit vollständiger Contraction. (S. des Verfass. Ingen.- u. Maschinenmechanik, Bd. I, § 414.)

7) Das kurze conoidische, innen gut und glatt abgerundete und außen cylindrisch auslaufende Mundstück (Fig. 9) giebt beim Ausfluß der Luft, wie beim Ausfluß des Wassers unter hohem Drucke den Ausflußcoefficienten $\mu = 0{,}97$ bis $0{,}99$. Durch diese Uebereinstimmung erhält die Richtigkeit der angewendeten Ausflußformel die beste Bestätigung.

8) Die kurzen conisch convergenten Röhren, wie Fig. 12 und Fig. 13, sowie auch die längeren Ansatzröhren oder Düsenmundstücke, wie Fig. 2, geben beim Ausfluß des Wassers und der Luft unter hohem Drucke $\mu = 0{,}96$ bis $0{,}99$, bei niedrigem Drucke $\mu = 0{,}90$ bis $0{,}95$.

9) Die kurzen cylindrischen Ansatzröhren (Fig. 10) von verschiedenen Weiten geben beim Ausfluß der Luft, wie bei dem des Wassers unter kleinem Drucke, $\mu = 0{,}75$ bis $0{,}81$; ferner beim Ausströmen der Luft unter hohem Drucke, sowie beim Ausflusse des Wassers unter mittlerem Drucke, $\mu = 0{,}81$ bis $0{,}84$. Beim Ausflusse des letzteren unter hohem Drucke (über 1,2 Atmosphäre) ist bekanntlich kein Ausfluß mit gefülltem Querschnitt zu erlangen. (S. die neuen Versuche über den Ausfluß des Wassers unter hohem Drucke in Bd. V dieser Zeitschrift.) Dieser Fall trat aber bei den Versuchen über den Ausfluß der Luft nicht ein, denn es müßte dann der Ausflußcoefficient für die kurze cylindrische Ansatzröhre mit dem für die Kreismündung in der dünnen ebenen Wand übereinstimmen, wie beim Ausfluß des Wassers auch wirklich gefunden worden ist; wir haben aber beinahe demselben Drucke für die kurze cylindrische Ansatzröhre von 1,012 Centimeter Weite $\mu = 0{,}8276$ und dagegen für eine fast gleichweite Kreismündung in der dünnen Wand $\mu = 0{,}667$ gefunden. (S. Nr. 1 und Nr. 12 in Tab. C.)

10) Die Abrundung der inneren Kante einer kurzen cylindrischen Ansatzröhre (Fig. 11) hat sowohl bei der Luft als beim Wasser einen großen Einfluß auf das Ausflußquantum; bei den Versuchen mit Luft stieg hierbei μ auf $0{,}92$ bis $0{,}93$, bei den Versuchen mit Wasser hat sich dagegen $\mu = 0{,}82$ bis $0{,}97$ herausgestellt, ersteres, wenn die Druckhöhe ganz klein war, und letzteres beim Ausfluß unter hohem Drucke.

11) Der Reibungswiderstand der Luft in langen Röhren verhält sich ähnlich wie der des Wassers.

Während für den Ausfluß des Wassers durch die Messingröhre von 1,0378 Centimeter mittlerer Weite,

bei der Geschwindgk. $v = 20{,}99$ Met. der Reibungscoefficient $\zeta = 0{,}01690$,

bei d. Geschwindgk. $v = 12{,}32$ Met. d. Reib. $\zeta = 0{,}01784$,
" $v = 8{,}64$ " " $\zeta = 0{,}01869$,
" $v = 2{,}02$ " " $\zeta = 0{,}02725$,
" $v = 0{,}485$ " " $\zeta = 0{,}03453$,
" $v = 0{,}2028$ " " $\zeta = 0{,}0587$,
und " $v = 0{,}0890$ " " $\zeta = 0{,}1420$,

gefunden worden ist (s. § 11 der Versuche über den Ausfluß des Wassers unter ganz kleinem Drucke in Bd. X des Civilingenieurs), wird in Tab. E unter I, 3 und II, 3 für das Durchströmen der Luft durch dieselbe Röhre:

bei der Geschwindigkeit $v = 148{,}7$ Meter, $\zeta = 0{,}01518$,
" $v = 93{,}58$ " $\zeta = 0{,}01952$,
" $v = 51{,}13$ " $\zeta = 0{,}02297$,
" $v = 34{,}13$ " $\zeta = 0{,}02714$

angegeben. Es nimmt also bei der Luft wie beim Wasser der Reibungscoefficient bei Abnahme der Geschwindigkeit rasch zu, nur hat man es hier bei einer nahe gleichen Reihe der Widerstandscoefficienten mit viel größeren Geschwindigkeiten zu thun, als beim Wasser.

Bei den Glasröhren, sowie bei den weiteren Messing- und Zinkröhren finden ähnliche Verhältnisse statt.

Z. B. für die Zinkröhre von nahe 2,5 Centimeter Weite ist bei den Ausflußversuchen mit Wasser

bei $v = 9{,}18$ Meter, $\zeta = 0{,}01670$,
" $v = 4{,}73$ " $\zeta = 0{,}01838$,
" $v = 3{,}19$ " $\zeta = 0{,}01962$,
" $v = 0{,}380$ " $\zeta = 0{,}04251$,
und " $v = 0{,}216$ " $\zeta = 0{,}05187$ gefunden

worden, während die Ausströmungsversuche mit Luft

bei $v = 108{,}179$ Meter, $\zeta = 0{,}013717$,
" $v = 87{,}115$ " $\zeta = 0{,}015534$,
" $v = 63{,}711$ " $\zeta = 0{,}017927$,
" $v = 26{,}775$ " $\zeta = 0{,}023345$

gegeben haben.

12) Was endlich die Widerstände betrifft, welche die Luft beim Durchgang durch Knie- und Kropfröhren zu überwinden hat, so sind dieselben kleiner ausgefallen, als die Widerstände des Wassers bei denselben Durchgängen.

So ist z. B. der Widerstandscoefficient der Luft beim Durchgang durch ein Kniestück von nahe 1 Centimeter Weite und 90 Grad Ablenkung $\zeta = 1{,}475$ bis $1{,}604$, während er für den Durchgang des Wassers auf $1{,}958$ bis $2{,}632$ steigt; ferner der Widerstandscoefficient einer Kropfröhre von nahe 1 Centimeter Weite, 1 Centimeter Krümmungshalbmesser und 90 Grad Ablenkung

für Luft $\zeta = 0{,}281$ bis $0{,}368$, dagegen
" Wasser $\zeta = 0{,}295$ bis $0{,}744$.

Bei einem weiteren Kniestück von 1,4 Centimeter Weite ist

für Luft $\zeta = 1{,}083$ bis $1{,}306$, dagegen
" Wasser $\zeta = 1{,}196$ " $2{,}317$,

und bei einem weiteren Kropfstück von 1,4 Centimeter Weite mit demselben Krümmungshalbmesser ist

für Luft $\zeta = 0{,}282$ bis $0{,}458$, dagegen
" Wasser $\zeta = 0{,}630$ " $0{,}783$.

Tabelle C. Die aus den Versuchswerthen nach der vierten Formel bere

1) Den inneren Ueberdruck b

Nr.	Mündungen und Mundstücke.	d Mündungsdurchmesser.	F Mündungsquerschnitt.	t Ausflußzeit.	τ Temperatur der Luft.	h Manometerstand vor Eröffnung der Ausflußmündung.	h_1 nach Beendigung des Ausströmens.	h_2 nach erfolgter Ausgleichung der inneren mit der äußeren Wärme.	b Barometerstand. (Quecksilbermanometer.)
		Centimeter.	Qu.-Cent.	Secunden.	Grad.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.
1.		1,010	0,8012	70	32	1,0210	0,6775	0,7160	0,7364
					28	0,7970	0,5110	0,5415	
					26	0,5950	0,3610	0,3855	
					25	0,4060	0,2250	0,2430	
					24	0,2845	0,1425	0,1555	
2.	Kreismündungen in der dünnen ebenen Wand	1,408	1,5570	60	$30^1/_4$	0,9995	0,5005	0,5620	0,739[illegible]
				60	$26^1/_2$	0,6850	0,3065	0,3505	
				75	24	0,4210	0,1125	0,1435	
3.		1,725	2,3370	50	$26^1/_2$	0,6845	0,2410	0,2935	0,7398
				60	$23^1/_2$	0,4600	0,0930	0,1305	
4.		1,980	3,0791	50	$18^3/_8$	0,5005	0,0830	0,1290	0,7396
5.		2,546	5,0910	30	$15^1/_2$	0,9320	0,2460	0,3345	0,7354
6.	Kreismündung, zur Hälfte eingefaßt	1,020	0,8171	70	$22^1/_2$	0,2785	0,1350	0,1490	0,7372
7.	Kreismündung in der conisch convergenten Wand	1,020	0,8171	60	35	0,3050	0,1580	0,1750	0,7372
					$32^1/_2$	0,6055	0,3750	0,3995	
8.	Kreismündung in der conisch divergenten Wand	1,020	0,8171	70	28	0,5980	0,3780	0,3990	0,7373
					24	0,2925	0,1590	0,1735	
9.	Quadratische Mündung	Seitenlänge 0,903	0,8154	70	$23^1/_2$	0,2880	0,1425	0,1585	0,7374
10.	Quadratische Mündung, mit 2seitiger Einfassung	0,925	0,8556	70	$23^1/_4$	0,2925	0,1315	0,1485	0,7373
11.	Kurzes conoidisches Mundstück . .	Mündungsdurchmesser. 1,002	0,7885	60	27	1,0235	0,6605	0,7080	0,7330
						0,7800	0,4725	0,5085	0,7330
						0,5645	0,3100	0,3885	0,7330
						0,3800	0,1770	0,1965	0,7380
						0,2600	0,0990	0,1145	0,7330
12.	. . . .	1,012	0,8044	60	23	0,2935	0,1415	0,1550	0,7366
13.	Kurze cylindrische Ansatzröhren .	1,402	1,5438	60	$17^1/_2$	0,7395	0,2885	0,3415	0,7398
				75	$18^1/_4$	0,5030	0,1015	0,1395	
14.	. . . .	2,488	4,8617	25	16	0,8640	0,2323	0,3267	0,7354
15.	Dreifache cylindrische Ansatzröhre, ohne Abrundung	1,012	0,8044	60	$25^1/_2$	1,0220	0,7230	0,7560	0,7366
					$22^1/_2$	0,5965	0,3810	0,4055	
					24	0,2980	0,1550	0,1690	
16.	Kurze cylindrische Ansatzröhre, mit innerer Abrundung	1,014	0,8076	60	$31^1/_2$	0,5885	0,3265	0,3600	0,7371
					$29^1/_2$	0,2960	0,1200	0,1425	
17.	Innere cylindrische Ansatzröhre . .	1,010	0,8012	70	24	0,5745	0,3345	0,3575	0,7374
						0,3000	0,1445	0,1595	
18.	Conisches abgerundetes Mundstück	1,012	0,8044	60	33	1,0330	0,6635	0,7145	0,7364
					33	0,7780	0,4655	0,5050	
					33	0,5895	0,3230	0,3560	
					31	0,3975	0,1850	0,2095	
					$31^1/_2$	0,2740	0,1070	0,1250	

coefficienten von einfachen Mündungen und kurzen Mundstücken.

Quecksilbersäule gemessen.

$1+\psi$	$x_1 = \frac{p_1}{p} = \frac{b+h}{b}$	$x_2 = \frac{p_2}{p} = \frac{b+h_1}{b}$	$x_1 - x_2$ Differenz.	A_1	A_2	$A_2 - A_1$ Differenz.	μ Ausflußcoefficient.	V Ausflußquantum $= \frac{h-h_2}{b} . V_0$	v Ausflußgeschwindigkeit der Luft.	ζ Widerstandscoefficient $= \frac{1}{\mu^2} - 1.$
								Cubikmeter.	Meter.	
0068074	2,38647	1,92002	0,46645	0,098121	0,548049	0,449928	0,78793	1,93503	437,8849	—
0061127	2,08229	1,69392	0,38837	0,381402	0,805816	0,424414	0,75368	1,62099	383,4883	—
0055814	1,80798	1,49022	0,31776	0,671438	1,075713	0,040275	0,72245	1,32915	328,0681	—
0046807	1,55133	1,30554	0,24579	0,989827	1,373636	0,383809	0,69178	1,03413	266,5449	—
0036978	1,38634	1,19351	0,19283	1,234757	1,600795	0,366038	0,66740	0,81842	218,6522	—
123962	2,35104	1,67653	0,67451	0,129500	0,827210	0,697710	0,72254	2,76191	409,3208	—
105132	1,92593	1,41430	0,51163	0,541751	1,190089	0,648338	0,68261	2,11244	331,2616	—
09093	1,56907	1,15207	0,41700	0,965768	1,701130	0,735362	0,63421	1,75247	236,6293	—
133819	1,92525	1,32576	0,59949	0,542476	1,337339	0,794863	0,66558	2,46925	317,4954	—
112572	1,62179	1,12571	0,49608	0,896345	1,772190	0,875845	0,62711	2,08086	236,6419	—
139800	1,67672	1,11222	0,56450	0,826974	1,811465	0,984491	0,64061	2,34674	237,9468	—
225443	2,26734	1,33451	0,93283	0,205201	1,321975	1,116774	0,71485	3,79592	347,6791	—
040128	1,37778	1,18312	0,19466	1,248741	1,624861	0,376120	0,66960	0,82070	214,2890	—
047475	1,41373	1,21432	0,19941	1,190984	1,554497	0,363513	0,72294	0,82387	232,4520	—
055071	1,82135	1,50868	0,31267	0,656307	1,049254	0,392947	0,792656	1,30552	335,9493	—
047072	1,81107	1,51268	0,29839	0,667936	1,043584	0,375648	0,66321	1,26099	332,4202	—
040444	1,39807	1,21565	0,18242	1,215823	1,551612	0,335789	0,58939	0,76039	225,5596	—
045460	1,39056	1,19325	0,19731	1,227898	1,601391	0,373493	0,65563	0,82048	219,2512	—
048918	1,39672	1,17835	0,21837	1,217994	1,636136	0,418142	0,70332	0,91247	216,6191	—
065217	2,39632	1,90109	0,49523	0,089463	0,568374	0,478911	0,98024	2,01093	425,0550	0,04072
074658	2,06412	1,64461	0,41951	0,399445	0,867183	0,467738	0,97359	1,73049	365,7763	0,05497
068312	1,77012	1,42292	0,34720	0,714961	1,176615	0,461654	0,96708	1,44048	304,4768	0,06924
05357	1,51842	1,24147	0,27695	1,035477	1,497226	0,461749	0,98605	1,16959	247,2190	0,02849
04657	1,35470	1,13506	0,21964	1,287263	1,746188	0,458925	0,98051	0,92739	196,0238	0,04014
03843	1,39845	1,19210	0,20635	1,215212	1,604026	0,388814	0,82764	0,87846	182,0110	0,45989
12885	2,00420	1,38997	0,61423	0,460003	1,228847	0,768844	0,82070	2,51346	271,3497	0,48465
11292	1,67991	1,13720	0,54271	0,823022	1,740396	0,917374	0,80993	2,29558	198,2625	0,52443
24388	2,17487	1,31588	0,85899	0,291615	1,354931	1,063316	0,83293	3,41347	280,8457	0,44139
05652	2,38746	1,98154	0,40592	0,097249	0,483345	0,386096	0,79735	1,68714	349,5661	0,57291
05480	1,80980	1,51724	0,29256	0,669372	1,037144	0,367772	0,76096	1,21144	251,0043	0,72694
03925	1,40456	1,21042	0,19414	1,205472	1,562955	0,357483	0,75192	0,81820	169,5264	0,76869
078742	1,79840	1,44295	0,35545	0,682364	1,145818	0,463454	0,92251	1,44831	298,8925	0,17505
065628	1,40157	1,16280	0,23877	1,210225	1,673969	0,463744	0,92763	0,97294	200,7877	0,16211
053643	1,77909	1,45362	0,32547	0,704567	1,129693	0,425126	0,77020	1,37486	245,1436	0,68577
042522	1,40683	1,19596	0,21087	1,201865	1,595211	0,393346	0,71292	0,89018	158,7219	0,96749
091078	2,40277	1,90100	0,50177	0,083808	0,569440	0,485632	0,95548	2,02068	418,6731	0,09537
082161	2,05749	1,63213	0,42436	0,407066	0,883067	0,476001	0,95001	1,73201	358,8625	0,10801
077874	1,80052	1,43862	0,36190	0,679939	1,152409	0,472470	0,94612	1,48141	306,9393	0,11713
066475	1,53979	1,25122	0,28857	1,005675	1,477449	0,471774	0,95840	1,19274	247,1288	0,08869
053355	1,37208	1,14530	0,22678	1,258141	1,718737	0,460596	0,94404	0,94531	195,8628	0,12207

Nr.	Mündungen und Mundstücke.	d Mündungsdurchmesser.	F Mündungsquerschnitt.	t Ausflußzeit.	τ Temperatur der Luft.	h Manometerstand vor Eröffnung der Ausflußmündung.	h_1 Manometerstand nach Beendigung des Ausströmens.	h_2 Manometerstand nach erfolgter Ausgleichung der inneren mit der äußeren Wärme.	b Barometerstand. (Quecksilbermanometer.)
		Centimeter.	Qu.-Cent.	Secunden.	Grad.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.
19.	Vollständiges kleines Düsenmundstück	0,966	0,7329	60	18 22 25	1,0245 0,5975 0,2945	0,6830 0,3500 0,1325	0,7320 0,3860 0,1530	0,7368
20.	Conische Ansatzröhre, ohne Abrundung	1,004	0,7917	60	29 31	0,2815 0,6100	0,1130 0,3420	0,1360 0,3765	0,7370
21.	Eine größere dergleichen, mit Ansatzstück	1,580	1,9607	40	20½ 18½ 16⅞	1,1060 0,7235 0,4655	0,5240 0,2785 0,1330	0,6035 0,3365 0,1750	0,7396

2) Den inneren Ueberdruck

Nr.	Mündungen und Mundstücke.	d Mündungsdurchmesser.	F Mündungsquerschnitt.	t Ausflußzeit.	τ Temperatur der Luft.	h Manometerstand vor Eröffnung der Ausflußmündung.	h_1 Manometerstand nach Beendigung des Ausströmens.	h_2 Manometerstand nach erfolgter Ausgleichung der inneren mit der äußeren Wärme.	b Barometerstand. (Wassermanometer.)
		Centimeter.	Qu.-Cent.	Secunden.	Grad.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.
1.	Kreismündungen in der dünnen ebenen Wand	1,010	0,8012	80 90	11⅝ 16	1,4500 0,9875	0,3645 0,1195	0,5215 0,2390	10,0382 10,0382
2.	(Kreismündungen in der dünnen ebenen Wand)	1,408	1,5570	40 50	18¼ 19¾	1,4400 0,9250	0,3560 0,0570	0,5485 0,2050	10,0382 10,0382
3.	(Kreismündungen in der dünnen ebenen Wand)	1,725	2,3370	40	22	1,4435	0,1010	0,3210	10,0382
4.	(Kreismündungen in der dünnen ebenen Wand)	1,980	3,0791	30	22¼	1,4960	0,1055	0,3360	10,0382
5.	Kurzes conoidisches Mundstück .	1,002	0,7885	60	26½	1,3530	0,2055	0,3635	10,0926
6.	Weiteres Düsenmundstück. . .	1,580	1,9607	20	19	1,3650	0,3105	0,4670	10,0871
7.	Engeres dergleichen	0,966	0,7329	60	18	1,3645	0,2670	0,4030	10,0871
8.	Dasselbe, verkürzt.	1,404	1,5482	30	17½	1,3870	0,2195	0,3900	10,0871
9.	Kurze cylindrische Ansatzröhre . .	1,014	0,8076	50 70	22¾ 23	1,4650 0,9580	0,4735 0,0840	0,6380 0,2140	10,0382 10,0382
10.	Conische Ansatzröhre, ohne innere Abrundung	1,004	0,7917	60	17	1,3975	0,2430	0,3920	10,0817
11.	Kurze cylindrische Ansatzröhre ohne innere Abrundung . .	1,402	1,5438	30	21	1,2920	0,2715	0,4160	10,0926

$1+\psi$	$x_1 = \frac{p_1}{p} = \frac{b+h}{b}$	$x_2 = \frac{p_2}{p} = \frac{b+h_1}{b}$	$x_1 - x_2$ Differenz.	A_1	A_2	$A_2 - A_1$ Differenz.	μ Ausfluß-coefficient.	V Ausflußquantum $= \frac{h-h_2}{b} . V_0$	v Ausflußgeschwindigkeit der Luft.	ζ Widerstands-coefficient $= \frac{1}{\mu^2} - 1.$
								Cubikmeter.	Meter.	
1,0086280	2,39047	1,92698	0,46349	0,094598	0,540632	0,446034	0,98398	1,85472	421,7772	0,03283
1,0082812	1,81094	1,47503	0,33591	0,668080	1,097882	0,429802	0,93933	1,34111	304,9773	0,13334
1,0058955	1,39970	1,17983	0,21987	1,213202	1,632606	0,419404	0,93397	0,89724	204,0392	0,14639
1,0067647	1,38195	1,15332	0,22863	1,241905	1,697915	0,456010	0,92187	0,92235	194,1719	0,17668
1,0079935	1,82768	1,46404	0,36364	0,649183	1,114122	0,464939	0,94384	1,48021	275,1758	0,12255
1,0157289	2,49540	1,70849	0,78691	0,003910	0,788084	0,784174	0,96620	3,17426	404,7351	0,07118
1,0142422	1,97823	1,37655	0,60168	0,486777	1,250769	0,763992	0,95330	2,44465	311,7065	0,10038
1,0120330	1,62940	1,17982	0,44958	0,886557	1,632630	0,746073	0,94011	1,83507	233,9812	0,13146

er Wassersäule gemessen.

$1+\psi$	$x_1 = \frac{p_1}{p} = \frac{b+h}{b}$	$x_2 = \frac{p_2}{p} = \frac{b+h_1}{b}$	$x_1 - x_2$ Differenz.	A_1	A_2	$A_2 - A_1$ Differenz.	μ Ausfluß-coefficient.	V Ausflußquantum $= \frac{h-h_2}{b} V_2$	v Ausflußgeschwindigkeit der Luft.	ζ Widerstands-coefficient $= \frac{1}{\mu^2} - 1.$
								Cubikmeter.	Meter.	
1,0037731	1,14445	1,03631	0,10814	1,720984	2,101119	0,380135	0,58445	0,43214	115,3578	—
1,0029411	1,09837	1,01190	0,08647	1,854295	2,265836	0,411541	0,56268	0,34837	85,8609	—
1,0046300	1,14345	1,03547	0,10798	1,723643	2,105469	0,381826	0,57311	0,41492	116,2468	—
1,0036651	1,09215	1,00568	0,08647	1,874514	2,335249	0,460735	0,55694	0,33510	77,2878	—
1,0054245	1,14380	1,01006	0,13374	1,722712	2,282551	0,559839	0,56475	0,52244	98,9599	—
1,0056809	1,14903	1,01051	0,13852	1,708987	2,278463	0,569476	0,57963	0,53989	100,8343	—
1,0038357	1,13406	1,02036	0,11370	1,748942	2,197155	0,448213	0,91527	0,45805	96,8198	0,19371
1,0037629	1,13532	1,03078	0,10454	1,745484	2,131382	0,385898	0,95198	0,41592	106,0649	0,10343
1,0032837	1,13527	1,02647	0,10880	1,745619	2,157116	0,411497	0,93349	0,44533	101,2721	0,14757
1,0041357	1,13750	1,02176	0,11574	1,739584	2,187762	0,448178	0,93836	0,46178	99,4222	0,13570
1,0039123	1,14594	1,04717	0,09877	1,717064	2,047724	0,330660	0,77044	0,38490	95,3205	0,68471
1,0032108	1,09292	1,00836	0,08456	1,871975	2,302895	0,430920	0,75380	0,34627	61,2527	0,75989
1,0036078	1,13862	1,02410	0,11452	1,736552	2,172063	0,435511	0,91056	0,46596	98,0934	0,20609
1,0034856	1,12802	1,02690	0,10112	1,765698	2,154510	0,388812	0,81578	0,40551	87,5575	0,50264

Tabelle E. Die aus den Versuchswerthen nach Formel IV. berechneten Au

Nr.	Angabe der bei den Versuchen verwendeten Mundstücke und Röhren.	d Mündungsdurchmesser.	F Mündungsquerschnitt.	t Ausflußzeit.	τ Temperatur der Luft.	h Manometerstand vor Eröffnung der Ausflußmündung.	h_1 Manometerstand nach Beendigung des Ausströmens.	h_2 Manometerstand nach erfolgter Ausgleichung der innern mit d. äußeren Wärme.	b Barometerstand.	$\frac{h+h_1}{2}$
		Centm.	Qu.-Cent.	Secdn.	Grad.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.
	I. Mit Quecksilber-Piezometer.									
1.	Die kurze cylindrische Ansatzröhre, innen abgerundet mit Ausmündungsstück für die engere Glasröhre und engere Messingröhre, Fig. 14	1,012	0,8044	60	$23\frac{1}{2}$	0,2765	0,1185	0,1395	0,7377	0,19750
2.	Die Glasröhre Nr. 1. Länge l_1 = 203,5 Centimet. Mittl. Weite d_1 = 1,06528 „	1,012	0,8044	110	24 $22\frac{1}{2}$	0,3140 0,5475	0,1530 0,3120	0,1650 0,3305	0,7379 0,7379	0,23350 0,42975
3.	Die Messingröhre Nr. 1. Länge l_1 = 200 Centimet. Mittl. Weite d_1 = 1,0378 „	1,012	0,8044	110	19 22	0,2860 0,5630	0,1355 0,3215	0,1485 0,3445	0,7377 0,7377	0,21075 0,44225
4.	Das Ein- und Ausmündungsstück für die weitere Glasröhre Nr. 2.	1,402	1,5438	40 60	$24\frac{1}{2}$ $21\frac{1}{2}$	0,3020 0,5845	0,0995 0,1795	0,1290 0,2220	0,7377 0,7377	0,20075 0,38200
5.	Die Glasröhre Nr. 2. Länge = l_1 = 170,6 Centim. Mittl. Weite = d_1 = 1,4302 „	1,402	1,5438	60	19 23	0,3080 0,6335	0,1180 0,3185	0,1395 0,3520	0,7377 0,7377	0,21300 0,47600
6.	Die Kropfröhre mit Ein- und Ausmündungsstück für die weitere Messingröhre Nr. 2, Fig. 15 . . .	1,402	1,5438	50	$15\frac{1}{4}$	0,3025	0,0950	0,1220	0,7392	0,19875
7.	Die Messingröhre Nr. 2. Länge l_1 = 298,1 Centim. Mittl. Weite d_1 = 1,4336 „	1,402	1,5438	60	18 19	0,3245 0,6015	0,1535 0,3420	0,1710 0,3700	0,7381 0,7381	0,23900 0,47175
8.	Die Kropfröhre mit Ein- und Ausmündungsstück für die dreifache Zinkröhre.	2,441	4,6798	40	15	0,7935	0,1345	0,2140	0,7342	0,46400
9.	Die lange Zinkröhre. Länge l_1 = 1016 Centim. Mittl. Weite d_1 = 2,4949 „	2,441	4,6798	50	$18\frac{1}{2}$ $19\frac{7}{8}$ 20	0,3410 0,5130 0,6850	0,0625 0,1335 0,2130	0,0960 0,1780 0,2690	0,7350 0,7350 0,7350	0,20175 0,32325 0,44900
	II. Mit Wasser-Piezometer.									
1.	Das Ein- und Ausmündungsstück für die engere Glasröhre und engere Messingröhre Nr. 1, Fig. 14 . .	1,012	0,8044	60	18	1,1415	0,1735	0,2945	10,0327	0,65750
2.	Die Glasröhre Nr. 1. Länge l_1 = 203,5 Centim. Mittl. Weite d_1 = 1,06528 „	1,012	0,8044	110 70	$22\frac{1}{4}$ 26	0,8550 1,3275	0,1490 0,5930	0,2190 0,6945	10,0409 10,0409	0,50200 0,96025
3.	Die Messingröhre Nr. 1. Länge l_1 = 200 Centimet. Mittl. Weite d_1 = 1,0378 „	1,012	0,8044	100 80	18 $19\frac{1}{2}$	0,8875 1,3950	0,1885 0,5550	0,2675 0,6520	10,0327 10,0327	0,53800 0,97500
4.	Das Ein- und Ausmündungsstück für die Glasröhre Nr. 2	1,402	1,5438	40	$22\frac{1}{2}$	1,2935	0,0775	0,3050	10,0327	0,68550
5.	Die Glasröhre Nr. 2. Länge l_1 = 170,6 Centim. Mittl. Weite d_1 = 1,4302 „	1,402	1,5438	60	25	1,2465	0,1660	0,2925	10,0926	0,70625
6.	Kropfröhre für die folgende Messingröhre, m. Ein- u. Ausmündungsstück.	1,402	1,5438	40	25	1,3450	0,1500	0,3410	10,0898	0,74750
7.	Die Messingröhre Nr. 2. Länge = l_1 = 298,1 Centim. Mittl. Weite = d_1 = 1,4336 „	1,402	1,5438	80	$27\frac{1}{2}$	1,2305	0,1200	0,2710	10,0817	0,67525
8.	Die lange Zinkröhre. Länge l_1 = 1016 Centimet. Mittl. Weite d_1 = 2,4949 „	2,441	4,6798	40	14	1,3580	0,0830	0,2390	9,9851	0,72050

derstandscoefficienten von langen Glas-, Messing- und Zinkröhren.

$x_1 = \frac{b+h}{b} = \frac{p_1}{p}$	$x_2 = \frac{b+h_1}{b} = \frac{p_2}{p}$	$x_1 - x_2$ Differenz.	A_1	A_2	$A_2 - A_1$ Differenz.	V Ausflußquantum $= \frac{h-h_2}{b} . V_0$	v Mittlere Geschwindigkeit der Luft in der Röhre $= \frac{h-h_2}{b} . \frac{V_0}{F_1 t}$	μ Ausfluß-coefficient.	ζ_1 Widerstands-coefficient der Röhre.	ζ_2 Widerstands-coefficient des Mundstücks.	$\zeta_1 - \zeta_0$ Differenz.	ζ Reibungs-coefficient.
						Cubikmet.	Meter.					
1,37481	1,16063	0,21418	1,253639	1,679376	0,425737	0,86765	179,771	0,85965	0,35318	—	—	—
1,42553	1,20734	0,21819	1,172564	1,569773	0,397209	0,94339	96,221	0,46779	3,56985	0,35318	3,21667	0,020675
1,74197	1,42282	0,31915	0,748004	1,176768	0,428764	1,37393	140,137	0,50362	2,94268	0,35318	2,58950	0,016644
1,38769	1,18368	0,20401	1,232559	1,623544	0,390985	0,87081	93,587	0,45862	3,75438	0,35318	3,40120	0,019518
1,76318	1,43581	0,32737	0,723072	1,156718	0,433646	1,38380	148,718	0,50008	2,99865	0,35318	2,64547	0,015181
1,40938	1,13488	0,27450	1,197812	1,746681	0,548869	1,09564	177,426	0,84964	—	0,38524	—	—
1,79233	1,24332	0,54901	0,689316	1,493464	0,804148	2,29578	247,850	0,87183	—	0,31565	—	—
1,41751	1,15996	0,25755	1,185052	1,681047	0,495995	1,06714	110,710	0,53811	2,45344	0,35044	2,10300	0,019092
1,85875	1,43175	0,42700	0,614579	1,162945	0,548366	1,78279	184,955	0,59410	1,88317	0,35044	1,53273	0,013915
1,40922	1,12852	0,28070	1,198066	1,764294	0,566228	1,14082	147,794	0,72720	--	0,89099	—	—
1,43964	1,20796	0,23168	1,150844	1,568396	0,417552	0,97162	100,323	0,46000	3,72595	0,89099	2,83496	0,014905
1,81493	1,46335	0,35158	0,663564	1,115146	0,451582	1,46534	151,301	0,49272	3,11908	0,89099	2,22809	0,011714
2,08077	1,18319	0,89758	0,382903	1,624697	1,241794	3,68758	196,995	0,65517	—	1,32963	—	—
1,46394	1,08503	0,37891	1,114270	1,898445	0,784175	1,55733	63,711	0,33298	8,01882	1,32963	6,68919	0,017927
1,69796	1,18163	0,51633	0,800880	1,628366	0,827486	2,12941	87,115	0,35080	7,12607	1,32963	5,79644	0,015534
1,93197	1,28980	0,64217	0,535823	1,402687	0,867364	2,64429	108,179	0,36642	6,44793	1,32963	5,11830	0,013717
1,11367	1,01729	0,09648	1,806830	2,220224	0,413394	0,39443	81,723	0,85367	—	0,37220	—	—
1,08515	1,01484	0,07031	1,898039	2,239130	0,341091	0,29593	30,184	0,39293	5,47678	0,37220	5,10458	0,032809
1,13221	1,05901	0,07320	1,754042	1,996081	0,242039	0,29453	47,208	0,41573	4,78596	0,37220	4,41376	0,028369
1,08845	1,01878	0,06967	1,886827	2,208822	0,321995	0,28872	34,132	0,40482	5,10206	0,37220	4,72986	0,027143
1,13904	1,05532	0,08372	1,735415	2,011503	0,276088	0,34600	51,129	0,43135	4,37455	0,37220	4,00235	0,022969
1,12893	1,00772	0,12121	1,763141	2,310621	0,547480	0,46032	74,543	0,81188	—	0,51710	—	—
1,12351	1,01645	0,10706	1,778386	2,226625	0,448239	0,44162	45,816	0,48035	3,33391	0,51710	2,81681	0,025572
1,13330	1,01486	0,11844	1,750837	2,238948	0,488111	0,46489	75,284	0,74543	—	0,79964	—	—
1,12202	1,01190	0,11012	1,782667	2,265809	0,483142	0,44464	34,433	0,37815	5,99316	0,79964	5,19352	0,027305
1,13600	1,00831	0,12769	1,743643	2,303498	0,559855	0,52358	26,775	0,80096	10,04063	1,32963	8,71100	0,023345

Tabelle F. Die nach Formel IV. berechneten Ausflu[...]

Nr.	Bezeichnung der Röhren.	d Mündungsdurchmesser.	F Mündungsquerschnitt.	t Ausflußzeit.	τ Temperatur der Luft.	h Manometerstand vor Eröffnung der Ausflußmündung.	h_1 Manometerstand nach Beendigung des Ausströmens.	h_2 Manometerstand nach erfolgter Ausgleichung der innern mit d. äußeren Wärme.	b Barometerstand.	$\frac{h+h_1}{2}$
		Cent.	Qu.-Cent.	Secd.	Grade.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.
	I. Mit Quecksilberpiezometer.									
1.	Drei engere Röhren zusammen, ähnlich wie Fig. 14	1,012	0,8044	60	23	0,2895	0,1340	0,1505	0,7379	0,21175
2.	Einfache Knieröhre	1,012	0,8044	60	27	0,2975	0,1795	0,1910	0,7377	0,23850
3.	Dieselbe mit doppelter Ansatzröhre .	1,012	0,8044	60	25 1/2	0,3100	0,1910	0,2030	0,7379	0,25050
4.	Engere Kropfröhre, wie Fig. 15, jedoch ohne Ausmündungsstück . .	1,012	0,8044	60	26	0,3085	0,1520	0,1700	0,7377	0,23025
5.	Dieselbe mit doppelter Ansatzröhre, ähnlich Fig. 15	1,012	0,8044	60	26	0,3000	0,1515	0,1710	0,7377	0,22575
6.	Ein Doppelkropf	1,012	0,8044	60	27 1/2	0,3050	0,1675	0,1825	0,7377	0,23625
7.	Derselbe mit Ansatzröhre	1,012	0,8044	60	27 1/2	0,3055	0,1665	0,1820	0,7377	0,23600
8.	Ein weiteres Kropfstück	1,402	1,5438	50	15 1/4	0,3025	0,0950	0,1220	0,7392	0,19875
9.	Dasselbe mit Ansatzröhre	1,402	1,5438	50	19 3/4	0,3075	0,0930	0,1210	0,7392	0,20025
10.	Ein weiteres Kniestück	1,402	1,5438	60	27 3/4	0,3030	0,0900	0,1160	0,7392	0,19650
11.	Dasselbe mit Ansatzröhre	1,402	1,5438	60	29 3/4	0,3035	0,0910	0,1170	0,7392	0,19725
	II. Mit Wassermanometer.									
1.	Einfacher Kropf mit Ein- und Ausmündungsstück, Fig. 15 . . .	1,012	0,8044	60	17 3/4	1,0660	0,1930	0,3010	10,0327	0,62950
2.	Einfaches Knie mit Ein- und Ausmündungsstück	1,012	0,8044	70	17	1,1455	0,3150	0,4095	10,0327	0,73025
3.	Ein weiterer Kropf mit Ein- und Ausmündungsstück	1,402	1,5438	40	25	1,3450	0,1500	0,3410	10,0898	0,74750
4.	Ein weiteres Knie mit Ein- und Ausmündungsstück	1,402	1,5438	40	24 1/4	1,3470	0,2695	0,4415	10,0898	0,80825

standscoefficienten von Kropf- und Knieröhren.

$x_1 = \frac{p_1}{p} = \frac{b+h}{b}$	$x_2 = \frac{p_2}{p} = \frac{b+h_1}{b}$	$x_1 - x_2$ Differenz.	A_1	A_2	$A_2 - A_1$ Differenz.	V Ausflußquantum $= \frac{h-h_2}{b} \cdot V_0$	v Ausflußgeschwindigkeit der Luft.	μ Ausflußcoefficient.	ζ_1 Widerstandscoefficient der ganzen Röhre.	ζ_0 Widerstandscoefficient des geraden Röhrenstückes.	ζ Widerstandscoefficient des gekröpften oder gebrochenen Röhrenstückes.
						Cubikmet.	Meter.				
1,39233	1,18160	0,21073	1,225052	1,628437	0,403385	0,88008	182,3462	0,84165	0,41168	—	—
1,40328	1,24332	0,15996	1,207507	1,493464	0,285957	0,67448	139,7491	0,59898	1,78725	—	—
1,42011	1,25884	0,16127	1,180972	1,462259	0,281287	0,67747	140,3672	0,58854	1,88704	0,41168	1,47536
1,41819	1,20604	0,21215	1,183985	1,572660	0,388675	0,87715	181,7395	0,79822	0,56949	—	—
1,40667	1,20537	0,20130	1,202119	1,574148	0,372029	0,81698	169,2736	0,74966	0,77937	0,41168	0,36769
1,41345	1,22706	0,18639	1,191423	1,527205	0,335782	0,77582	160,7443	0,69297	1,08242	—	—
1,41412	1,22570	0,18842	1,190372	1,530090	0,339718	0,78215	162,0566	0,69910	1,04604	0,41168	0,63436
1,40922	1,12852	0,28070	1,198066	1,764294	0,566228	1,14082	147,7941	0,72720	0,89098	—	—
1,41599	1,12581	0,29018	1,187337	1,771909	0,584572	1,17874	152,7069	0,74350	0,80898	0,35044	0,45854
1,40990	1,12175	0,28815	1,196985	1,783467	0,586482	1,18190	127,5969	0,61891	1,61059	—	—
1,41058	1,12310	0,28748	1,195927	1,779570	0,583643	1,17874	127,2557	0,61350	1,65683	0,35044	1,30639
1,10625	1,01923	0,08702	1,829575	2,205438	0,375863	0,35624	73,8112	0,77785	0,65276	0,37220	0,28056
1,11417	1,03140	0,08277	1,805627	2,127960	0,322333	0,34274	60,8684	0,57963	1,97645	0,37220	1,60425
1,13330	1,01486	0,11844	1,750837	2,238948	0,488111	0,46489	75,2837	0,74543	0,79964	0,51710	0,28254
1,13350	1,02671	0,10679	1,750486	2,155661	0,405175	0,41928	67,8978	0,62011	1,60053	0,51710	1,08343

Notiz

über

eine 25pferdige Dampfmaschine mit variabler Expansion, gebaut von der König-Friedrich-August-Hütte bei Dresden.

(Hierzu Doppeltafel 6—7.)

Wiederholt schon ist in dieser Zeitschrift auf die großen Vorzüge der Dampfmaschinen mit variabler Expansion und besonders der Daumen- oder Schleppschiebersteuerungen hingewiesen worden. Auch im Nachstehenden wollen wir eine Dampfmaschine mit Farcot'scher Steuerung beschreiben, zu welcher uns die Zeichnungen durch die Gefälligkeit der Maschinenbauanstalt der König-Friedrich-August-Hütte bei Potschappel unweit Dresden, welches Werk in neuerer Zeit mehrere Maschinen nach diesem Princip gebaut und damit vielen Beifall geerntet hat, mitgetheilt worden sind.

Die Doppeltafel 6—7 giebt in

- Fig. 1 eine Längenansicht der Maschine,
- Fig. 2 einen Grundriß mit durchschnittenem Dampfcylinder und Schieberkasten,
- Fig. 3 einen Durchschnitt durch den Dampfcylinder nach der Linie 1—2 im Grundriß nebst Ansicht des Regulators,
- Fig. 4 einen Durchschnitt durch die Regulatorare,
- Fig. 5 ein Diagramm über die Construction des Daumens im Dampfschieberkasten und
- Fig. 6 einen verticalen Durchschnitt durch den Dampfschieberkasten.

Es geht aus diesen Zeichnungen hervor, daß die zu beschreibende Dampfmaschine eine sogenannte liegende Maschine ist und auf einer aus einem Stück bestehenden soliden Grundplatte ruht. Die beiden Längsbalken dieser Platte sind im Querschnitt doppel-T-förmig und durch vier Querrippen untereinander verbunden. Sie tragen an dem einen Ende den Dampfcylinder, in der Mitte die Geradführung und am andern Ende das eine Lager der Schwungradwelle, welche somit in der solidesten Weise mit dem Dampfcylinder verbunden ist.

Letzterer zeichnet sich dadurch aus, daß er mit einem angegossenen Dampfhemde versehen und dabei die Einführung des Dampfes so eingerichtet ist, daß der vom Kessel kommende Dampf den Cylinder umspült, ehe er in den Schieberkasten tritt. Wie Fig. 3 zeigt, ist e das Dampfeintritts-, f das Dampfaustrittsrohr, a das die Drosselklappe vertretende Absperr- oder Regulirungsventil. Daß eine derartige Einhüllung der Dampfcylinder mit Kesseldampf von größtem Vortheil für Expansionsmaschinen sei, hat Theorie und Praxis genügend dargethan, sodaß hier jedes weitere Eingehen auf diesen Gegenstand überflüssig sein würde.

Der sich in dem Cylinder bewegende Dampfkolben wird zur Abschwächung der Reibung und der besseren Führung halber noch besonders durch eine Verlängerung der Kolbenstange getragen. Als Liderung dieses Kolbens dienen drei aufgeschnittene messingene Ringe nach der Ramsbottom'schen Construction.

An dem Cylinder hängt seitwärts der Schieberkasten mit der Farcot'schen variabeln Expansionsvorrichtung. Da die Letztere in dieser Zeitschrift schon eingehend behandelt worden ist (vergl. den Aufsatz von Herrn Bauschinger über die Steuerungen mit Schleppschiebern im 10. Bande d. Zeitsch. S. 295 flgde.), so haben wir nur zur Erläuterung der Figuren zu bemerken, daß in dem Schieberkasten zu unterst, d. h. zunächst auf dem Schieberspiegel ein durch ein Excentrik von der Schwungradwelle aus getriebener Vertheilungsschieber c liegt, welcher auf der unteren Seite drei den Dampfwegen entsprechende Schlitze besitzt, überdies aber durch zwei von den beiden äußeren Schlitzen ausgehende Canäle ausgehöhlt und auf dem Rücken über jedem dieser Canäle mit drei engeren und schmäleren Schlitzen z versehen ist. Dieser Vertheilungsschieber bewegt sich auf abgehobelten Leisten am Schieberspiegel und ist in der gewöhnlichen Weise mittelst eines Ringes an der Schieberstange befestigt, erhält aber durch die rückwärts verlängerte Schieberstange eine weitere Führung. Auf dem Rücken desselben liegt nun der Expansionsschieber b, welcher aus zwei mit je drei entsprechenden Schlitzen versehenen metallenen Platten besteht und sich in schwalbenschwanzförmigen

eingehobelten Nuthen der hinteren Seite des Vertheilungsschiebers bewegt. Der Dampf, welcher den Schieberkasten erfüllt, muß durch die Schlitze des Expansionsschiebers in die Schlitze auf dem Rücken des Vertheilungsschiebers und durch die Canäle des Letzteren nach dem betreffenden Dampfwege gelangen können, wenn er im Cylinder wirksam werden soll, und es ist einleuchtend, daß durch zweckmäßige Verstellung des Expansionsschiebers gegen den Vertheilungsschieber der Zutritt des Dampfes zum Cylinder abgeschnitten werden kann. Diese Verstellung wird aber dadurch bewirkt, daß die Expansionsschieberplatten von dem Vertheilungsschieber bei seinem Hin- und Hergange nicht weiter mitgeschleppt werden können, als bis die daran angebrachten Schrauben an das Gehäuse oder den Daumen anstoßen. Es sind nämlich an jeder Platte, wie Fig. 6 am deutlichsten zeigt, drei stellbare Schrauben vorhanden, wovon je zwei nach außen und die mittelsten nach innen gerichtet sind. Jene stoßen, wie dies in Fig. 6 rechts ersichtlich ist, gegen das Ende der Bewegung an den Dampfschieberkasten, diese an den Daumen an und halten den Expansionsschieber auf, wenn auch der Vertheilungsschieber seinen Weg noch fortsetzt. Durch das Anstoßen der äußeren Schrauben an den Schieberkasten wird die Coincidenz der Schlitze am Expansions- und Vertheilungsschieber wieder hergestellt, während das Anstoßen der inneren Schrauben am Daumen die Verstellung beider Schieber gegeneinander, also den zeitigeren Abschluß des Dampfes vom Cylinder bedingt.

Bei der beschriebenen Maschine ist nun ferner die Stellung des Daumens d von der Stellung der Kugeln des Centrifugalregulators abhängig gemacht, indem auf die über die Decke des Schieberkastens hervorragende Axe des Daumens ein Zahnsector C aufgesteckt ist (Fig. 1, 2, 3), welcher durch die an der Stange B sitzende und zugleich als Zahnstange wirkende Schraube D verstellt wird, sobald die Stange sich hebt oder senkt. Die Letztere hebt sich, wie aus Fig. 3 hervorgeht, wenn die Kugeln des Regulators fallen, die Maschine also zu langsam geht, und sie senkt sich, wenn der Muff E an der Regulatorwelle, an welchem der Balancier A angreift, in die Höhe geht. Damit die Schraube D auch per Hand gedreht werden könne, befindet sich unter derselben ein Handrad, und damit die Stange B hierbei nicht afficirt werde, ist dieselbe durch ein Universalgelenk mit der Schraube verbunden.

Das untere Ende dieser Stange ruht mittelst einer Rolle auf einem gebogenen, ein Gegengewicht tragenden Winkelhebel F. Es ist hier ein nach einer logarithmischen Spirale gebogener Hebel angewendet, damit kein Ecken und Klemmen des Gestänges eintrete; die genannte Curve besitzt nämlich die Eigenschaft, daß die Tangenten an allen Punkten denselben Winkel einschließen. Diese Vorrichtung dient zur Ausgleichung des Regulatorgewichtes, wird hierbei aber durch die Spiralfeder u unterstützt. Gehen nämlich die Kugeln weiter auseinander, so senkt sich der Arm des Winkelhebels, auf welchem das Gestänge BB′ ruht und der Hebelarm des Gegengewichtes F wird ein geringerer, zugleich wird aber auch der Widerstand der stark zusammengedrückten Spiralfeder u ein größerer.

Der Regulator ist ein sogenannter pseudoparabolischer und zeigt sich mit Hilfe des Gegengewichtes und der Feder so empfindlich, daß sich die Normalgeschwindigkeit in Zeit von 1 Spiele der Maschine herstellt.

Bei der Regulirung der Maschine stellt man nun zunächst mit Hilfe des Handrades und der Schraube D einen bestimmten Expansionsgrad her, was man an dem in Fig. 1 dargestellten Zeiger und der Theilung auf dem Zahnsector C erkennt. Treten dann während des Ganges der Dampfmaschine durch Vermehrung oder Verminderung der Widerstände Aenderungen in der Umdrehungsgeschwindigkeit ein, so vermittelt der Centrifugalregulator, dessen Bewegung, wie aus Fig. 1 und 2 zu erkennen ist, mittelst conischer Vorgelege und schmiedeeiserner Wellen von der Schwungradwelle abgeleitet ist, schnell durch Verstellung des Daumens im Schieberkasten eine spätere oder frühere Absperrung des zutretenden Dampfes und demnach die Wiederherstellung der normalen Umdrehungsgeschwindigkeit.

Durch die beschriebene Expansionsvorrichtung kann die Füllung des Cylinders zwischen 0 und $\frac{1}{2}$ gestellt werden.

Der Vertheilungsschieber hat weder innere, noch äußere Ueberdeckung, dagegen ein geringes Voreilen, damit vor dem Austritt des Dampfes aus dem Cylinder keine Compression desselben entstehe. Der Voreilungswinkel ist hier nur 5^{0}.

Wie die Curve des Steuerdaumens zu construiren sei, hat der Constructeur der beschriebenen Maschine an dem Diagramm Fig. 5 gezeigt. Man beschreibt erst den Kurbelkreis, theilt dann den Hub AB in gleiche Theile und beschreibt aus den Theilpunkten 0_1, 0_2 0_3 u. s. w. mit der Länge der Lenkerstange AC kleine Bögen, welche am Kurbelkreise die Punkte 0_1, 0_2, 0_3 u. s. w. angeben, worauf man die entsprechenden Radien zieht. Dann zeichnet man die kleinen, der Excentricität entsprechenden Kreise und schlägt um den Mittelpunkt des Kurbelkreises mit dem Radius OD = dem Abstande xy in Fig. 2 + der Schlitzweite z einen Kreis. Trägt man dann vom Mittelpunkte O aus auf den Radien $O0_1$, $O0_2$, $O0_3$ u. s. w. die Längen 11′, 22′, 33′ u. s. w. auf, welche zwischen dem letzterwähnten Kreise und dem Kreise der Excentricität liegen, so erhält man die Curve $\alpha\alpha$, nach welcher die vordere Seite des Daumens zu krümmen ist. In gleicher Weise findet man auch die Curve $\beta\beta$ für die andere Seite des Steuerdaumens.

Die Construction zeigt, daß die Gestalt der Curve von der Länge der Lenkerstange abhängig ist und um so regelmäßiger ausfällt, je länger die Letztere ist. Wäre die Lenkerstange unendlich lang, so erhielte man ganz gleiche Curvenbögen und würde also auch den Cylinder beim Vor- und Rückgange zur Hälfte mit Dampf füllen können. Letztere Bedingung läßt sich übrigens jederzeit dadurch erreichen, daß man die beiden Flügel des Steuerdaumens nach entsprechend gestalteten Curven abrundet, wenn man nämlich die Radien für die Vorwärtsbewegung des Kolbens über den Mittelpunkt des Kreises hinaus verlängert und hierauf die Abschnitte für die Rückwärtsbewegung des Kolbens aufträgt.

Der Regulator macht 60, die Schwungradwelle 36 Umgänge pro Minute.

Im Vorstehenden dürften die hauptsächlichsten Abweichungen der beschriebenen Maschine von anderen Dampfmaschinensystemen angeführt sein, wir haben daher dieser Beschreibung nur noch beizufügen, daß diese Maschine eben so elegant als solid gebaut ist, hoffen übrigens auch, demnächst noch nähere Angaben über Brennmaterialverbrauch, Gleichförmigkeit des Ganges u. dergl. mittheilen zu können.

Beschreibung eines Militär-Distanzmessers, beruhend auf einer neuen Methode zum Messen sehr kleiner Winkel.

Von

Ernst von Paschwitz in Bodenwöhr bei Regensburg.

(Hierzu Fig. 1 bis 8 auf Tafel 8.)

Ein Distanzmesser, der für militärische Zwecke brauchbar sein soll, hat zwei Grundbedingungen zu erfüllen, es muß

1) die Distanz von einem einzigen Punkte aus bestimmbar sein,
2) das Instrument den nöthigen Grad von Genauigkeit gewähren.

Was die erstere dieser beiden Bedingungen anlangt, so dürfte wohl selbstverständlich sein, daß ein Instrument, das, wie z. B. Spiegelsextanten, Winkelspiegel ꝛc., erst eine geometrische Operation nothwendig macht, auf den Namen „Militär-Distanzmesser" keinen Anspruch machen kann (vide Bauernfeind's Vermessungskunde, 2. Aufl., I. Bd., § 179). Ist jedoch diese erstere Bedingung erfüllt, so werden die zu messenden Winkel äußerst klein und es ist daher nothwendig, daß die Messung der Winkel mit der größten Sicherheit erfolgt. Von einer Winkelmeßmethode, welche die Winkel bis zu einem solchen Grad von Genauigkeit angibt, als die Zielfähigkeit der besten aplanatischen Fernrohre das Anvisiren der Objecte gestattet, kann sicherlich behauptet werden, daß dieselbe den denkbar höchsten Grad von Vollkommenheit besitzt, und wenn es daher überhaupt möglich ist, brauchbare „Distanzmesser ohne Latte" zu construiren, so ist diese Aufgabe nur durch das Auffinden einer solchen Winkelmeßmethode und einer zweckentsprechenden Anwendung derselben zu lösen. Ob Solches dem Verfasser dieser Notiz gelungen ist, wolle der geehrte Leser aus Nachstehendem entnehmen.

Der neue Distanzmesser besteht aus einem zweiaxigen Fernrohre, welches in Fig. 1 skizzirt ist. Es sind c_1 und c_2 die achromatischen Objective des zweiaxigen Fernrohres; die Lichtstrahlen des Objectives c_2 werden nach zweimaliger Reflexion durch die feststehenden Glasprismen b und a auf das Ocular o geworfen, während die Strahlen des Objectives c_1 direct dahin gelangen. Beide Prismen sind annähernd um die Brennweiten der davorliegenden Objective von denselben entfernt. Die Axen $c_1 a$ und $c_2 b$ sind parallel, die Axe ba rechtwinklig zu diesen beiden. Durch zwei oder mehrere auf der Axe ab angebrachte Glaslinsen l wird das in b befindliche Bild auch in a in gleicher Größe, aufrechter Stellung und ebenfalls von chromatischer und sphärischer Aberration befreit, wieder erzeugt. Das Prisma b reflectirt das ganze Bild des Objectives c_2, das Prisma a hingegen ragt blos bis an die Axe des Instrumentes empor und reflectirt demnach blos die untere Hälfte des Bildes vom Objectiv c_2 nach dem Ocular, während über diesem Prisma die Strahlen des Objectives c_1 nach dem Auge gelangen. Es sind demnach zwei halbkreisförmige Gesichtsfelder im Instrumente vorhanden, von denen das untere das Bild in aufrechter, das obere dagegen das Bild in verkehrter Stellung zeigt (Fig. 2).

Möglichst nahe am Prisma a bei h auf der Axe $c_1 o$ ist in einem Diaphragma ein Verticalfaden zum genauen Einvisiren der beiden Objecte angebracht. Auf derselben

[K]coefficienten von einfachen Mündungen und kurzen Mundstücken.

[Q]uecksilbersäule gemessen.

$1+\psi$	$x_1 = \frac{p_1}{p} = \frac{b+h}{b}$	$x_2 = \frac{p_2}{p} = \frac{b+h_1}{b}$	$x_1 - x_2$ Differenz.	A_1	A_2	$A_2 - A_1$ Differenz.	μ Ausflußcoefficient.	V Ausflußquantum $= \frac{h-h_2}{b} \cdot V_0$	v Ausflußgeschwindigkeit der Luft.	ζ Widerstandscoefficient $= \frac{1}{\mu^2} - 1$.
								Cubikmeter.	Meter.	
1,0068074	2,38647	1,92002	0,46645	0,098121	0,548049	0,449928	0,78793	1,93503	437,8849	—
1,0061127	2,08229	1,69392	0,38837	0,381402	0,805816	0,424414	0,75368	1,62099	383,4883	—
1,0055814	1,80798	1,49022	0,31776	0,671438	1,075713	0,040275	0,72245	1,32915	328,0681	—
1,0046807	1,55133	1,30554	0,24579	0,989827	1,373636	0,383809	0,69178	1,03413	266,5449	—
1,0036978	1,38634	1,19351	0,19283	1,234757	1,600795	0,366038	0,66740	0,81842	218,6522	—
1,0123962	2,35104	1,67653	0,67451	0,129500	0,827210	0,697710	0,72254	2,76191	409,3208	—
1,0105132	1,92593	1,41430	0,51163	0,541751	1,190089	0,648338	0,68261	2,11244	331,2616	—
1,009093	1,56907	1,15207	0,41700	0,965768	1,701130	0,735362	0,63421	1,75247	236,6293	—
1,0133819	1,92525	1,32576	0,59949	0,542476	1,337339	0,794863	0,66558	2,46925	317,4954	—
1,0112572	1,62179	1,12571	0,49608	0,896345	1,772190	0,875845	0,62711	2,08086	236,6419	—
1,0139800	1,67672	1,11222	0,56450	0,826974	1,811465	0,984491	0,64061	2,34674	237,9468	—
1,0225443	2,26734	1,33451	0,93283	0,205201	1,321975	1,116774	0,71485	3,79592	347,6791	—
1,0040128	1,37778	1,18312	0,19466	1,248741	1,624861	0,376120	0,66960	0,82070	214,2890	—
1,0047475	1,41373	1,21432	0,19941	1,190984	1,554497	0,363513	0,72294	0,82387	232,4520	—
1,0055071	1,82135	1,50868	0,31267	0,656307	1,049254	0,392947	0,792656	1,30552	335,9493	—
1,0047072	1,81107	1,51268	0,29839	0,667936	1,043584	0,375648	0,66321	1,26099	332,4202	—
1,0040444	1,39807	1,21565	0,18242	1,215823	1,551612	0,335789	0,58939	0,76039	225,5596	—
1,0045460	1,39056	1,19325	0,19731	1,227898	1,601391	0,373493	0,65563	0,82048	219,2512	—
1,0048918	1,39672	1,17835	0,21837	1,217994	1,636136	0,418142	0,70332	0,91247	216,6191	—
1,0085217	2,39632	1,90109	0,49523	0,089463	0,568374	0,478911	0,98024	2,01093	425,0550	0,04072
1,0074658	2,06412	1,64461	0,41951	0,399445	0,867183	0,467738	0,97359	1,73049	365,7763	0,05497
1,0068312	1,77012	1,42292	0,34720	0,714961	1,176615	0,461654	0,96708	1,44048	304,4768	0,06924
1,005357	1,51842	1,24147	0,27695	1,035477	1,497226	0,461749	0,98605	1,16959	247,2190	0,02849
1,004657	1,35470	1,13506	0,21964	1,287263	1,746188	0,458925	0,98051	0,92739	196,0238	0,04014
1,003843	1,39845	1,19210	0,20635	1,215212	1,604026	0,388814	0,82764	0,87846	182,0110	0,45989
1,012885	2,00420	1,38997	0,61423	0,460003	1,228847	0,768844	0,82070	2,51346	271,3497	0,48465
1,011292	1,67991	1,13720	0,54271	0,823022	1,740396	0,917374	0,80993	2,29558	198,2625	0,52443
1,024388	2,17487	1,31588	0,85899	0,291615	1,354931	1,063316	0,83293	3,41347	280,8457	0,44139
1,005652	2,38746	1,98154	0,40592	0,097249	0,483345	0,386096	0,79735	1,68714	349,5661	0,57291
1,005480	1,80980	1,51724	0,29256	0,669372	1,037144	0,367772	0,76096	1,21144	251,0043	0,72694
1,003925	1,40456	1,21042	0,19414	1,205472	1,562955	0,357483	0,75192	0,81820	169,5264	0,76869
1,0078742	1,79840	1,44295	0,35545	0,682364	1,145818	0,463454	0,92251	1,44831	298,8925	0,17505
1,0065628	1,40157	1,16280	0,23877	1,210225	1,673969	0,463744	0,92763	0,97294	200,7877	0,16211
1,0053643	1,77909	1,45362	0,32547	0,704567	1,129693	0,425126	0,77020	1,37486	245,1436	0,68577
1,0042522	1,40683	1,19596	0,21087	1,201865	1,595211	0,393346	0,71292	0,89018	158,7219	0,96749
1,0091078	2,40277	1,90100	0,50177	0,083808	0,569440	0,485632	0,95548	2,02068	418,6731	0,09537
1,0082161	2,05749	1,63213	0,42436	0,407066	0,883067	0,476001	0,95001	1,73201	358,8625	0,10801
1,0077874	1,80052	1,43862	0,36190	0,679939	1,152409	0,472470	0,94612	1,48141	306,9393	0,11713
1,0066475	1,53979	1,25122	0,28857	1,005675	1,477449	0,471774	0,95840	1,19274	247,1288	0,08869
1,0053355	1,37208	1,14530	0,22678	1,258141	1,718737	0,460596	0,94404	0,94531	195,8628	0,12207

was durch obige Anordnungen, wie bereits dargethan, vermieden ist;

3) ein Vorschlag zur Beseitigung dieses Fehlers könnte darin bestehen, jedes Ocular mit einer Ausziehvorrichtung zu versehen; es fragt sich jedoch, ob eine solche so vollkommen hergestellt werden kann, daß beim Verstellen der Röhre jede seitliche Verschiebung derselben gänzlich vermieden werden kann.

Wie nun vorstehende Winkelmeßmethode zur Construction von Distanzmessern angewandt ist, so kann dieselbe überhaupt überall da von Vortheil sein, wo es sich um sehr genaue Messung sehr kleiner Winkel und Linien handelt, wie dies in der Astronomie, in der Physik zur Bestimmung von Coefficienten u. dgl., sodann in der Spectral-Analyse zur Bestimmung der relativen Entfernungen der Frauenhofer'schen Linien u. s. w. der Fall ist.

Bodenwöhr bei Regensburg
im Herbst 1865.

Notiz
über
das Stadiometer des Capitains du Puy de Podio.

(Hierzu Fig. 9 und 10 auf Taf. 8.)

Das Stadiometer ist ebenfalls wie der vorstehend beschriebene Distanzmesser für militärische Zwecke bestimmt und wurde am 16. Mai 1861 dem Kaiser der Franzosen vorgelegt. Nachdem die damit in Gegenwart des Kaisers unter Direction des Divisionsgenerales Frossard abgeführten Versuche günstige Resultate ergeben hatten, bestellte der Kaiser ein zweites Stadiometer, welches von dem geschickten Mechaniker Gustav Froment in Paris sehr schön ausgeführt und mit einigen Verbesserungen versehen wurde. Mit diesem Instrumente, welches in Fig. 9 und 10 auf Taf. 8 abgebildet ist, wurden auf Befehl des Kaisers Napoleon ebenfalls zahlreiche Proben unter Leitung des Divisionschefs der Genietruppen der Garde, des Obersten Blondeau, vorgenommen, deren Resultate wir am Schlusse mittheilen. Es befanden sich aber an diesem Stadiometer noch einige zu zarte Theile, welche die Solidität desselben beeinträchtigten und überdies das Instrument complicirt und theuer machten. Das neuerdings von den Mechanikern Gaggini und Moisette ausgeführte Instrument ist frei von diesen Fehlern.

Das Podio'sche Stadiometer beruht auf dem geometrischen Satze, daß in einem rectangulären Dreieck die Größe des Winkels, welcher dem einen Schenkel des Rechtwinkels gegenübersteht, eine einfache Function der Länge dieses Schenkels ist, wenn der andere Schenkel gleich bleibt. Es lassen sich also bequeme Tabellen berechnen, welche für jeden Winkel die Länge des gegenüberstehenden Schenkels angeben, wenn die Länge des anderen Schenkels bekannt ist, und man braucht, um die Entfernung ac (Fig. 4) zu bestimmen, nur eine Linie ab von derjenigen Länge, auf welche die Tabelle eingerichtet ist, rechtwinklig zur Visirlinie ac abzustecken, in b den Visirwinkel nach c abzunehmen und in der Tabelle die diesem Winkel entsprechende Entfernung aufzusuchen.

Das Stadiometer besteht aus zwei messingenen Scheiben oder Kreisen DD, D_1D_1 (Fig. 9 u. 10), welche übereinander liegen und sich um dieselbe Axe, aber nach entgegengesetzter Seite um einen Viertelkreis drehen.

Unter dem unteren Kreise D_1D_1 befindet sich ein festes Fernrohr YY mit doppeltem Ocular, welches zur Absteckung der Basis ab und zur Orientirung des Instrumentes dient. Auf dem oberen Kreise DD dreht sich ein Halbkreis EFG, auf dessen Durchmesser ein kleines starkes Fernrohr XX befestigt ist, und welcher mittelst des in den äußeren Rand des Halbkreises eingreifenden Knopfes M gedreht werden kann. Der innere Rand ist mit einem Stück Zahnkranz versehen, welcher mit Schraubenräderwerk die Drehungsbewegung auf das Getriebe O eines seitwärts von der Axe des Instrumentes befindlichen Zeigers OR überträgt.

Indem das Fernrohr XX bei der Drehung den Zeiger OR mitnimmt, streicht dieser über den Kreis AB, um dessen Mittelpunkte er sich dreht, und welcher auf der andern Seite des erwähnten Halbkreises befindlich ist, hin; die Theilung des Kreises giebt die den Visirwinkeln des Fernrohres XX in den verschiedenen Stellungen desselben ent-

sprechenden kilometrischen Distanzen an und diese Winkel sind mittelst der am äußeren Rande des Halbkreises angebrachten Verniers VV′ genau zu messen.

Da nun besonders bei großen Distanzen die Winkelbewegungen des obern Fernrohres kaum sichtbar sind und sehr geübte Augen zum genauen Ablesen am Vernier verlangen, so ist ein Zahnradmechanismus angebracht worden, welcher dem Zeiger eine 20 mal so große Geschwindigkeit mittheilt, als das Fernrohr besitzt, so daß der Drehung des Letzteren um 1° eine Verschiebung des Zeigers auf dem Limbus um 20° entspricht. Hierdurch werden Irrungen, welche möglicherweise in Bezug auf die den gesuchten Distanzen entsprechenden Winkel entstehen könnten, möglichst vermieden, und das Ablesen wird für den Beobachter so einfach wie das Ablesen der Zeit an einer Uhr.

Befindet sich das Instrument in Ruhe, so steht die optische Are des oberen beweglichen Fernrohres normal zu derjenigen des unteren festen Rohres. Zur Prüfung dieser Stellung dient: 1. das genaue Zusammenfallen der Nullpunkte am Vernier und am obern Kreise, 2. die Stellung des Zeigers, welcher an der Theilung ∞ zeigen muß, 3. das Zusammenfallen des Nullpunktes des oberen Kreises mit dem 90° Striche am unteren Kreise.

Um nun mit diesem Instrumente eine Distanz zu messen, verfährt man folgendermaaßen.

Steht das auf einem Stativ aufgestellte Instrument still, so richtet man das obere Fernrohr auf den Gegenstand, dessen Entfernung man bestimmen will, winkt dann mittelst des unteren Fernrohres einen Gehilfen in einer Richtung normal zur Visirlinie ein und mißt in dieser Richtung eine Basis von 50 Metern ab. Dann transportirt man das Instrument an das Ende dieser Basis und steckt im ersten Standpunkte eine Bake ein. Ist das Instrument hier wieder aufgestellt, so orientirt man es mittelst des unteren Fernrohres, indem man nach dem ersten Punkt zurückvisirt, und da man sich nach links vom ersten Punkte begeben hat, so muß man nun, um mit dem oberen Fernrohre das Object wieder zu finden, demselben eine kleine Verschiebung von links nach rechts ertheilen, wobei das Rohr den Zeiger mitnimmt, so daß der Beobachter nunmehr auf der Theilung die Entfernung abliest. Um die Theilung nicht mit Ziffern zu überladen, so sind die Theilstriche nur mit Einheiten und Zehnteln bezeichnet, welche mit 100 zu multipliciren sind, wenn man die Entfernung in Metern haben will.

Diese Apparate sind leicht, sehr einfach in der Behandlung und solid. Sie gewähren, ohne daß man die Basis über 50 Meter lang zu nehmen nöthig hätte, bis zu 4000 Metern Entfernung eine große Genauigkeit und sind daher für die Artillerie von großer Bedeutung, da sie eine sichere Richtung ermöglichen.

Das von Gaggini und Moisette verbesserte Stadiometer hat keinen excentrisch gestellten Zeiger, sondern einen centrischen.*)

Das Stadiometer dürfte auch beim Abstecken von Eisenbahncurven und planimetrischen Aufnahmen anwendbar sein, da es nicht nur die Längen der Diagonalen, sondern auch die Winkel, welche sie einschließen, aufzunehmen gestattet.

Bringt man auf der linken Seite des unteren Fernrohres eine Röhrenlibelle an und stellt man den Apparat vertical auf, so kann man ihn auch als Nivellirinstrument benutzen. Stellt man nämlich das feste Fernrohr mittelst der Libelle genau horizontal und visirt man dann mit dem beweglichen oberen Fernrohr nach dem Punkte, dessen Höhe man bestimmen will, so bilden die beiden Fernrohre dann einen gewissen Winkel, dessen Größe durch einen Vernier am äußeren Rande von einem der Kreise abgelesen werden kann. Die gesuchte Höhe ergiebt sich also durch Auflösung eines rechtwinkligen Dreieckes, in welchem die Hypotenuse durch eine der vorhergegangenen Operationen und ein anliegender Winkel durch den Abstand der beiden Fernrohre bekannt ist.

Ergebniß der im Monat März 1862 durch den Bataillonschef Blondeau mit dem Stadiometer angestellten Versuche.

Tabelle 1. Versuche bei Tage.

Länge der Basis. Met.	Distanzen in Metern			Differenzen		Näherungsgrad.	Dauer der Beobachtung.		Bemerkungen.
	gemessene.	beobachtete.	Mittel.	mehr.	weniger.		Min.	Sec.	
50	400	405 407 404	405,33	5,33	—	1/75	4	30	schwacher Wind, Sonnenschein.
	600	608 607 608	607,67	7,67	—	1/78	4	50	ruhig, Sonnenschein.

*) Es ist in unserer Quelle ebenfalls abgebildet. D. Red.

Länge der Basis. Met.	Distanzen in Metern gemessene.	beobachtete.	Mittel.	Differenzen mehr.	weniger.	Näherungsgrad.	Dauer der Beobachtung. Min.	Sec.	Bemerkungen.
50	800	807 804 805	805,33	5,33	—	1/50	5	10	ruhig, neblig.
	1000	1006 1008 1008	1007,33	7,33	—	1/136	4	15	ruhig und düster.
	1200	1184 1200 1232	1016,00	16,00	—	1/75	6	00	schön, leichter Wind.
	1400	1384 1390 1392	1388,66	—	11,34	1/123	5	40	regnerisch.
	1600	1600 1590 1590	1593,33	—	6,67	1/239	5	30	schön, gegen das Ende düster.
	1800	1764 1776 1780	1773,33	—	26,67	1/67	7	00	düster und ruhig, zuletzt Regen.
	2000	1944 1964 1964	1957,33	—	42,67	1/47	6	35	hell, starker Wind.
100	4235	4360 4400 4376	4379,66	143,66	—	1/29	8	00	schön, ruhig.
200	7103	6942 6806 6806					14	15	sehr schön, glühende Sonne.

Tabelle 2. Versuche bei Nacht.

Länge der Basis. Met.	Distanzen in Metern gemessene.	beobachtete.	Mittel.	Differenzen mehr.	weniger.	Näherungsgrad.	Dauer der Beobachtung. Min.	Sec.	Bemerkungen.
50	967	1008 956	982,50	15,00	—	1/64	7	50	ruhig.
50	967	976 987	981,00	14,50	—	1/66	8	15	ruhig.

(Nach den Annales du Génie Civil. Oct. 1865.)

Ueber Chevallier's photographischen Meßtisch.

Von

M. Tronquoy.

(Hierzu Fig. 11 bis 13 auf Tafel 8.)

Der photographische Meßtisch von Aug. Chevallier beruht hauptsächlich auf der Anwendung der Camera obscura von Porta, d. h. auf einer Combination eines Prisma's und einer Linse, durch welche die Bilder der außerhalb befindlichen Objecte auf einen horizontalen Tisch reflectirt werden.

Das Prisma ist ein gleichschenklig rechtwinkliges, welches mit dem einen Schenkel des Rechtwinkels vertical, mit dem andern horizontal liegt, während die Hypotenuse einen Winkel von 45° mit dem Horizont bildet. Unter diesem Prisma und in demselben Rohre, welches die verticale Fläche frei läßt, befindet sich eine Linse, welche nach Art der Objective bei den gewöhnlichen photographischen Apparaten wirksam ist. Das Rohr selbst wird von einer daran befestigten Scheibe getragen und läßt sich um eine durch die Mitte der Scheibe gehende Axe drehen. Diese Bewegung ist nach Belieben eine continuirliche oder eine unterbrochene; Ersteres wird durch einen Uhrmechanismus bewirkt, Letzteres bei der Drehung per Hand.

Die erwähnte Scheibe bildet die Vorderseite einer dunkeln photographischen Kammer, in welcher der Rahmen mit der empfindlichen Platte ziemlich horizontal liegt und während der Zeit einer Aufnahme unbeweglich seinen Platz beibehält.

Die Kanten des Prisma's stehen perpendiculair zu der Verticalebene (welche wir die Hauptebene nennen können), die durch die Drehungsaxe und die optische Axe der Linse geht, so daß das Bild einer in der Hauptebene liegenden geraden Linie auf der empfindlichen Platte als eine Linie erscheint, welche im Durchschnitt dieser Platte und der Hauptebene liegt.

Hieraus folgt, daß, wenn mittelst eines Fernrohres, dessen optische Axe mit der Hauptebene correspondirt, verschiedene Objecte anvisirt werden, die Bilder dieser Signalstangen auf der empfindlichen Platte dieselben Azimutwinkel einschließen werden, welche die Signale selbst einschließen, und daß der Apparat das Graphometer oder den Repetitionskreis ersetzen kann, da diese Winkel auf dem Papiere gemessen werden können.

Es wäre jedoch zu befürchten, daß diese Bilder sich decken könnten, obwohl die Bilder durch die Weite des Rohres ziemlich eingeschränkt sind, daher ist noch folgende Einrichtung daran angebracht. Thürchen, welche an der Scheibe befestigt sind, und deren Oeffnung beliebig gestellt werden kann, gestatten die Regulirung der Breite des Bildes; überdies ist ein feiner horizontaler Faden vorhanden, dessen Richtung durch die Stellung der optischen und der Drehungsaxe bestimmt ist, und welcher auf der empfindlichen Platte die Stellung der Hauptebene photographisch verzeichnet, während ein zweiter, hierzu perpendiculär gerichteter und durch die optische Axe gehender Faden die Stellung der horizontalen, durch den Berührungspunkt der optischen Axe und die Hypotenuse des Prisma's gehenden Ebene photographisch verzeichnet.

Dieser Apparat gestattet also die photographische Aufnahme der Winkel, welche eine Zahl von Punkten im Umkreise des Aufstellungspunktes einschließt.

Wie aber bereits erwähnt wurde, kann dem Apparate auch eine continuirliche Drehung ertheilt werden. Bei dieser Bewegung würden zwar auch Bilder entstehen, sie würden aber aufeinanderfallen, sodaß die empfindliche Platte eine Unzahl Bilder aufnehmen und unbrauchbar werden würde.

Diesem Uebelstande ist durch eine der panoramischen dunkeln Kammer von Martens und Garella entlehnte Einrichtung abgeholfen worden. Die Flügel der Thüren sind einander so genähert, daß sie nur um höchstens 1 Millimeter voneinander abstehen. Die Oeffnung entspricht der Hauptebene und der diese Ebene angebende Faden fällt weg. Demnach empfängt die empfindliche Platte in jedem Moment ihrer Drehung blos den Eindruck der Strahlen, welche von Gegenständen in der Hauptebene ausgehen, und es resultirt ein panoramisches Bild von alle dem, was in der Umgebung des Apparates sichtbar ist, ein Bild, welches die Azimutwinkel aller gesehenen Objecte wiedergiebt. Ueber-

dies verzeichnet der horizontale Faden die Niveauebene durch die Axe des Instrumentes.

Macht man nun an einer zweiten Station, deren Entfernung vom ersten Aufstellungspunkte bekannt ist, eine zweite Aufnahme, so gestatten die beiden photographischen Bilder, wenn man sie auf einem Bogen Papier in einem der Entfernung der Aufstellungspunkte entsprechenden Abstande befestigt, die Bestimmung der Lage der natürlichen oder künstlichen Signale (welche auf beiden Papieren gleichzeitig vorhanden sind) in derselben Weise, wie beim Meßtische, ohne daß man hierbei etwas übersehen und deshalb zur nochmaligen Aufstellung genöthigt sein könnte.

Deshalb hat der Erfinder seinen Apparat einen photographischen Meßtisch genannt.

Die erhaltenen Aufnahmen unterscheiden sich sehr wesentlich von denjenigen bei gewöhnlichen Apparaten, indem sie eine Verzerrung zeigen, welche von der Convergenz aller verticalen Linien nach der Mitte hin herrührt und bewirkt, daß beispielsweise Häuser u. dergl. in der Dachfirst breiter sind, als am Boden. Auch die horizontalen Linien sind nach elliptischen Bögen gekrümmt. Diese Verzerrungen sind natürlich um so weniger auffällig, je entfernter die Objecte sind, und man kann sie beliebig vermindern, je mehr man den Mittelpunkt der Linse vom Mittelpunkte der Drehung entfernt, was darauf hinausläuft, daß man die Fläche der empfindlichen Platte größer machen, oder Objective nehmen muß, welche kleinere Bilder geben. Sie ist übrigens kein wesentlicher Nachtheil und Zeichner, denen man derartige Aufnahmeplatten übergab, haben die Zeichnung des Terrains ausführen können, ohne sich an Ort und Stelle zu begeben. Ein besonderer Vortheil des Apparates besteht darin, daß er dem Operateur ein Cliché liefert, mittelst dessen man so viel Abzüge fertigen kann, als man will, und da diese Abzüge das Terrain genau darstellen, so können dann mehrere Zeichner gleichzeitig bei der Ausarbeitung des Planes beschäftigt werden.

Die Figuren 11 bis 13 stellen einen solchen Apparat dar. A ist das Prisma, welches das Bild auffängt und nach der Linse B reflectirt. Dieselbe ist eingerichtet wie bei einer gewöhnlichen Camera obscura, so daß sie der empfindlichen Platte MN genähert und scharf eingestellt werden kann. Ob dies geschehen sei, beobachtet man durch die verschließbare Oeffnung KL an dem Rohre.

Das Kästchen für das empfindliche Papier ist genau so eingerichtet, wie bei photographischen Apparaten.

Auf dem beweglichen Deckel CD, welcher den optischen Apparat trägt, sind die Schirme angebracht (in Fig. 12 punktirt angegeben), welche die Breite des Bildes begrenzen, und die Fäden, welche die Richtung der durch die Drehungsaxe und die optische Axe gehenden Verticalebene und der durch den Durchschnitt der optischen Axe mit der Hypotenuse des Prisma's gehenden Horizontalebene anzeigen. Zur Stellung der Schirme (welche in Fig. 12 wegen Kleinheit des Maaßstabes weggelassen sind) dient die Schraube P. Um die Fäden deutlicher zu sehen, muß der Rahmen, wenn er geöffnet ist, den Schirmen mittelst kleiner Keilchen, welche seine genaue Stellung bestimmen, genähert werden und in dieser Stellung muß das genaue Einstellen der Linse vorgenommen werden.

Die Scheibe wird mittelst der Schraube ohne Ende E (Fig. 12) gedreht, welche in Zähne an ihrem Umfange eingreift und durch den Uhrenmechanismus F getrieben wird. Eine Schraube G dient zur Annäherung oder Entfernung des Getriebes von der Scheibe, um dasselbe eingreifen zu lassen, oder auszurücken. Ist das Getriebe nicht in Eingriff, so kann man die Scheibe per Hand an den Knöpfen Q oder mittelst eines andern Getriebes E' drehen, welches ebenfalls mittelst der Schraube G' eingerückt und mittelst der kleinen Kurbel H bewegt wird. Dieser Mechanismus wird nur benutzt, wenn es sich um sehr kleine Verstellungen der Scheibe handelt.

An dem Instrumente befindet sich außerdem eine Boussole I, eine Libelle J u. s. w. und dasselbe steht auf einem Dreifuß mit Stellschrauben.

Die Platten, welche man zur Aufnahme benutzt, haben 24 bis 28 Centimeter Durchmesser und geben also Bilder von 13 bis 14 Centimeter Höhe.

Der Regulator X für die Geschwindigkeit der Bewegung muß nach der Empfindlichkeit des Papieres und nach der Intensität der Beleuchtung gestellt werden. Es ist dies ein Flügelrad, welches sich in einer durchbrochenen Büchse dreht; über die Büchse ist ein ebenso durchbrochener Mantel geschoben, sodaß durch Verstellung des Letzteren die Größe der Lufteintrittsöffnungen beliebig verkleinert und resp. ganz geschlossen werden kann, was den Widerstand für die Flügel vergrößert.

Als Haupterfordernisse für die Anwendbarkeit dieses Apparates sind folgende anzuführen:

1. muß die Drehungsaxe vertical stehen,
2. muß die Ebene der empfindlichen Platte senkrecht zu der Ebene sein, welche durch die optische und die Drehungsaxe hindurchgeht,
3. muß die optische Axe vertical stehen, während die Kanten des Prisma's normal zur Hauptebene sein müssen.

Da der Apparat zugleich die Lage der durch die optische Axe gehenden Horizontalebene anzeigt, so kann er auch zum Nivelliren benutzt werden, indem man nur an jeder Station die Höhe des Instrumentes zu bestimmen braucht. Man erhält dann zugleich die Höhe aller der Punkte, welche in dem von dem Faden gezogenen schwarzen Striche liegen.

(Nach den Annales du Génie Civil, Sept. et Oct. 1865.)

Referat

über

einen von Herrn Dr. E. Winkler am 14. Mai vor. Jahr. in der Versammlung des sächsischen Ingenieurvereins zu Dresden gehaltenen Vortrag über „die zweckmäßigste Construction der eisernen Gitterbrücken."

Erläutert wurde der Vortrag durch eine größere Anzahl von Modellen in $\frac{1}{3}$ natürlicher Größe aus der Sammlung der Königl. polytechnischen Schule in Dresden, welche die bis jetzt zur Anwendung gebrachten Constructionen der Gurte und Gitterstäbe, ihrer Verbindungen und die Auflagerung der Brückenbalken nach den Repräsentanten ausgeführter Brücken darstellten. Diese durch den Modelltischler der polytechnischen Schule, Herrn Bock, angefertigten Modelle zeichneten sich durch Eleganz und Genauigkeit aus.

Der Vortragende suchte die zweckmäßigste Construction der eisernen Gitterbrücken durch Beantwortung von neun hierauf bezüglichen Fragen festzustellen und wir geben im Nachstehenden ein kurzes Resumé über diese Erörterungen.

1. Welche Lage sollen die Gitterstäbe erhalten?

Man unterscheidet zwei Classen von Gitterträgern; die eine hat 2, die andere 3 Lagen von Gitterstäben. Bei der ersten Klasse, welche am üblichsten ist, wird gleichzeitig die eine Lage auf Zug, die andere auf Druck beansprucht; Zug und Druck nehmen von den Enden des Trägers nach der Mitte hin ab und in der Nähe der Mitte kann jeder Stab je nach der Lage der Last sowohl auf Zug, als auf Druck beansprucht werden. Bei genügend steifer Construction der gedrückten Stäbe erfordert das Gitterwerk das wenigste Material, wenn beide Lagen von Stäben unter 45° geneigt sind. Bei dem Mohnie'schen Systeme haben die gedrückten Stäbe eine verticale Lage; dasselbe erfordert im Gitterwerk 50% mehr Material, ist daher zu verwerfen.

Bei der zweiten Klasse sind außer den beiden geneigten Lagen noch verticale Stäbe vorhanden (Howe'sches, Brunel'sches und Rider'sches System). Bei dem Howe'schen Systeme werden die verticalen Stäbe so stark angespannt, daß die geneigten Stäbe so stark zusammengedrückt werden, daß bei der Belastung der Brücke ein Zug in denselben nicht entstehen kann. Dies ist bei hölzernen Brücken deshalb zweckmäßig, weil man die hölzernen Streben nicht leicht mit den Gurten so verbinden kann, daß sie einem Zuge widerstehen können. Ein ähnlicher Grund liegt bei Eisen nicht vor, deshalb sind die Howe'schen Brücken in Eisen und ebenso die Schiffkorn'sche Modification derselben zu verwerfen. Sie erfordern am Gitterwerk 93% zuviel Material.

Bei dem Brunel'schen Systeme sind die verticalen Stäbe steif construirt, die geneigten aber schlaff als Zugbänder. Bei belasteten Trägern biegt die eine der geneigten Lagen zur Seite aus, so daß nur die andere Lage und die verticalen Stäbe in Wirksamkeit sind; bei paralleler Belastung kann je nach der Lage der Last jede der geneigten Lagen zur Wirkung kommen. Es erfordert im Gitterwerk 144% zu viel Material; ist daher zu verwerfen.

Das Rider'sche System ist ebenso construirt, nur werden hier die geneigten Stäbe so stark angespannt, daß die eine Lage bei Belastung der Brücke nur auf ihre anfängliche Länge zurückgeht, sich aber nicht zur Seite ausbiegt. Dieses System erfordert im Gitterwerk 27% weniger Material, als das vorige, aber immerhin noch 93% zuviel Material; ist daher ebenfalls zu verwerfen, wenn nicht überhaupt zur Anbringung der Querträger steife verticale Theile vorhanden sein müssen.

2. Welche Querschnittsform müssen die Gitterstäbe erhalten?

Das Flacheisen oder Town'sche System (=), das seiner großen Einfachheit wegen sehr beliebt geworden und bei den größten Brücken in Anwendung gekommen ist, ist zu verwerfen und höchstens bei ganz kleinen Brücken anzuwenden, da die gedrückten Stäbe nicht genügend steif sind. Sind verticale Steifen vorhanden, so ist das System, da die eine Lage der geneigten Stäbe ungenügend in Wirk-

samkeit ist, eigentlich mit dem schon genannten Brunel'schen System identisch, und wie dieses zu verwerfen. Ebenso ist auch das ehemals berühmte Neville'sche System zu verwerfen. Die gedrückten Stäbe sollen unbedingt steif sein und zwar so steif, daß sie nicht leichter zerknickt, als zerdrückt werden. Da die Knickfestigkeit proportional dem Trägheitsmoment des Querschnittes und umgekehrt proportional dem Quadrate der Länge ist, so sollen sich die Trägheitsmomente des Querschnittes für eine in der Ebene des Gitterwerkes liegende und für eine hierzu senkrechte Axe wie 1 zum Quadrate der Anzahl n der Theile eines Gitterstabes verhalten, damit der Stab für das Einknicken nach allen Richtungen gleiche Sicherheit bietet.

Zweckmäßig ist der Tförmige Querschnitt (⊥), welcher auch eine einfache Verbindungsweise gestattet. Die Breite soll sich zur Höhe bei gleicher Dicke der Rippen ungefähr wie 2 : n verhalten; wenn n > 2 ist, so muß man hiervon abweichen und der Stab für Einknicken in der Ebene der Gitterwand eine übermäßige Steifigkeit erhalten. Die gezogenen Stäbe können von Flacheisen sein (═). Bei der Boynebrücke bei Drogheda sind auf die gedrückten Flacheisen Winkeleisen aufgenietet und bei den Etzel'schen Brücken der Brennerbahn bestehen die gedrückten Stäbe aus 1—3 Flacheisen und 2 Winkeleisen, die gezogenen Stäbe aus 1—4 Flacheisen (╧ ≡). Zweckmäßiger aber ist es, auch die gedrückten Stäbe aus T-Eisen herzustellen (╪), da in der Nähe der Mitte des Trägers doch beide Lagen der Stäbe steif zu construiren sind, und da, wenn man die Flacheisen der bequemeren Anbringung der Querträger wegen auf der innern Seite anordnet, eine schwer herzustellende und schlecht aussehende Ueberschneidung der T-Eisen stattfindet. Die Höhe des T-Eisens muß, wenn man Flach- und T-Eisen anwendet, $^1/_{17}$—$^1/_{15}$, und wenn man T und T-Eisen anwendet, $^1/_{24}$—$^1/_{22}$ der Höhe des Trägers sein; das erste System ist bis zu etwa 24 Met. = 85′, das letzte bis zu etwa 34 Met. = 120′ Spannweite zulässig. Weniger zu empfehlen ist der bei der Saane-Brücke bei Freiburg angewendete Querschnitt (╧). Empfehlenswerth aber ist der Ruppert'sche Querschnitt (═○═), da er eine leichte Aenderung der Dicke durch verschiedene Einstellung der Walzen bei gleichbleibender Breite zuläßt und ein wohlgefälliges Aussehen bietet.

Besonders zweckmäßig ist der kreuzförmige Querschnitt (+), welcher so zu stellen ist, daß der kürzere Schenkel in die Ebene der Gitterwand fällt. Es muß sich die Breite zur Höhe bei gleicher Dicke der Rippen ungefähr wie $1 : \sqrt[3]{n^2}$ verhalten. Man kann die Stäbe entweder aus dem Ganzen walzen oder aus zwei T-Eisen (╪), oder aus 4 Winkeleisen (╬ , Flackenseebrücke) oder aus 2 Flacheisen und 4 Winkeleisen (╬ , Crumlinviaduct) zusammensetzen.

Für große Spannweiten empfiehlt sich für die gedrückten Stäbe am meisten der Iförmige Querschnitt (I), wobei die Mittelrippe eine zur Ebene der Gitterwand senkrechte Lage erhält. Es muß sich die Breite zur Höhe ungefähr wie 1,7 : n verhalten. Man kann die Stäbe aus dem Ganzen walzen, oder als Blechträger ( ][, Garonnebrücke bei Bordeaux, Isarbrücke bei Plattling), oder als Gitterträger (Innbrücke bei Passau, Brücke über die Lahn bei Oberlahnstein, Charing-Croß-Brücke in London) herstellen. Die Gurte müssen zur Befestigung dieser Stäbe natürlich zwei Stehbleche erhalten.

3. Welche Maschenweite ist zu wählen?

Die Menge des nöthigen Materiales hängt von der Maschenweite fast nicht ab, weshalb die Maschenweite innerhalb gewisser Grenzen beliebig ist. Eine zu kleine Maschenweite ist deshalb nicht zweckmäßig, weil man dann die Gitterstäbe aus praktischen Gründen stärker machen muß, als die Rechnung ergiebt. Am größten kann sie bei Iförmigen, weniger groß beim kreuzförmigen, noch weniger groß beim Tförmigen Querschnitt und am kleinsten muß sie beim Flacheisensystem genommen werden. Bei dem T-Eisen soll die Maschenweite (in der Richtung der Stäbe) nicht größer, als die 15—17$^1/_2$fache Breite der Stäbe, bei Iförmigem nicht größer als die 15$^1/_2$—17fache Breite der Stäbe sein. Auch die zulässige Entfernung der Querträger ist maaßgebend, da man bei großen Maschenweiten die Querträger nur an den Stellen der Gurte anbringen soll, an welchen die Gitterstäbe befestigt werden, weil sonst eine Erhöhung der Beanspruchung der Gurte eintreten würde.

4. Wie sind die Gitterstäbe mit den Gurten zu verbinden?

Fast allgemein werden die Gitterstäbe durch Nieten an die Gurte befestigt, was indessen Nachtheile hat. Die Nieten sollen zusammen einen Querschnitt erhalten, welcher ungefähr gleich dem Querschnitte des Gitterstabes ist, weil die Festigkeit gegen Abscheeren nahe gleich der gegen Zug und Druck ist. Das setzt aber voraus, daß sich der Zug des Stabes auf alle Nieten gleichmäßig vertheilt, was aber nie

der Fall ist. Die Nieten, welche sich am Ende des Stabes befinden, haben stets eine kleinere Kraft aufzunehmen, als die übrigen, so daß man nie sicher über die Beanspruchung der Nieten ist. Aber es zeigt sich noch ein wichtigerer Uebelstand; wenn sich nämlich die Gurte krümmen, so müssen sich die mit ihnen fest verbundenen Gitterstäbe mitkrümmen. In Folge dessen wird die Beanspruchung der Gitterstäbe erhöht und zwar am meisten da, wo die Beanspruchung der Gurte am größten ist, also bei getrennten Trägern in der Mitte der Spannweite. Nach den theoretischen Untersuchungen des Redners ist die Erhöhung der Beanspruchung in der Nähe der Enden der Gitterstäbe am größten, ferner um so größer, je kleiner die Maschenweite ist, und sie kann bei engen Maschen selbst bis auf das Doppelte der ohne Rücksicht hierauf berechneten Beanspruchung steigen. Daher empfiehlt der Redner eine große Maschenweite oder noch besser eine Verbindung durch einen einzigen Bolzen, welcher eine Drehung der Gitterstäbe zuläßt, so daß eine Krümmung derselben nicht eintreten kann. Eine solche Verbindung ist z. B. in England bei dem Crumlin-Viaduct und bei der Charing-Croß-Brücke in London angewendet.

5. Ist den Gurten und Gitterstäben ein constanter oder veränderlicher Querschnitt zu geben?

Früher machte man gewöhnlich die Gurte und Gitterstäbe überall gleich stark, worin offenbar eine Materialverschwendung liegt, da die Spannung dieser Theile nicht constant ist. Offenbar wird man Material ersparen, wenn man die Querschnitte proportional den betreffenden Spannungen macht. Man gewinnt hierdurch bei getrennten Trägern theoretisch in den Gurten 33 %, in den Gitterstäben 42 — 50 % und am Ganzen 36 — 38 %, da das Gitterwerk vom Ganzen ungefähr nur $^1/_4$ ausmacht. Bei continuirlichen Trägern mit zwei, drei oder mehr Oeffnungen gewinnt man im Durchschnitt sogar bei kleinen Brücken 45 %, bei großen 55 %.

Nun kann man freilich nicht alle Querschnitte so ausführen, wie es die Theorie angiebt; sie müssen zum Theil größer ausgeführt werden, wodurch ein Theil des theoretischen Vortheils verloren geht. Bei Spannweiten unter 14 Meter = 50′ würde ein variabler Querschnitt kaum praktisch anwendbar sein, da man die Gurte an den Enden nicht gut schwächer machen kann, als sie die Rechnung für die Mitte ergiebt. Bei Spannweiten über 14 Meter = 50′ ist aber ein variabler Querschnitt zweckmäßig. Man erspart dabei praktisch bei großen Spannweiten bei getrennten Trägern noch 30, bei continuirlichen 40 %.

Auch durch eine zweckmäßige Anordnung der zur Deckung der Stöße in den Lamellen und Winkeleisen nöthigen Deckplatten ist noch eine kleine Ersparniß zu erzielen. Meist werden die Deckplatten alle über einen Leisten zugeschnitten, während sie für die gedrückten Theile des Gurtes viel kleiner gehalten werden können, als für die gezogenen Theile. Sehr verschwenderisch ist es auch, wenn man in dem gedrückten Gurte zur Deckung der Stöße eine Lamelle ganz durchgehen läßt, was nicht selten vorkommt.

6. Sind bei mehreren Oeffnungen getrennte oder continuirliche Träger anzuwenden?

a. Brücken mit zwei Oeffnungen.

Bei kleineren Brücken wählt man einen constanten Gurtquerschnitt; da der Gurt genau denselben Querschnitt erhalten muß, als bei getrennten Trägern (weil die größten Momente gleich sind), so erspart man an den Gurten nichts. Das Gitterwerk aber muß bei dem continuirlichen Träger sogar 25 % stärker ausfallen, so daß hier continuirliche Träger unzweckmäßig sein würden.

Hierbei ist vorausgesetzt, daß alle drei Stützpunkte in gleicher Höhe liegen; man kann jedoch, wie zuerst Herr Baurath Scheffler gelehrt hat, an Material gewinnen, wenn man den mittleren Stützpunkt etwas tiefer legt. Hierbei fallen nicht nur die Gurte, sondern auch die Gitterstäbe schwächer aus und man kann bei kleinen Spannweiten gegenüber den getrennten Trägern durch die Senkung der Mittelstütze etwa 24 % gewinnen, so daß die Anwendung continuirlicher Träger mit gleichzeitiger Senkung der Mittelstütze zweckmäßig ist.

Bei größeren Spannweiten aber wählt man einen variablen Querschnitt und dann gestaltet sich die Sache anders. Man gewinnt hier bei gleicher Höhenlage der Stützen durch continuirliche Träger in den Gurten theoretisch bei kleineren Spannweiten 12, bei großen 32 %, braucht aber im Gitterwerk bezüglich 12 und 8 % mehr, so daß man im Ganzen etwa bei kleineren Spannweiten 5, bei größeren 20 % gewinnt.

Bei variablem Querschnitt ist dagegen durch Senkung der Mittelstütze gar nichts zu gewinnen; im Gegentheil kann man $^1/_2$ — 1 % gewinnen, wenn man die Mittelstütze äußerst wenig erhöht. Eine Senkung der Mittelstütze ist daher bei größeren Spannweiten nicht anzuwenden.

b. Brücken mit drei Oeffnungen.

Bei kleineren Brücken mit constantem Querschnitte stellt sich, abweichend vom Vorigen, bei gleicher Höhenlage der Stützpunkte und bei dem zweckmäßigsten Verhältnisse der Spannweiten eine Ersparniß von 8 — 9 % heraus. Durch Senkung der Mittelstützen kann man gegenüber getrennten Trägern 21 — 28 % gewinnen.

Bei größeren Brücken mit variablem Querschnitte gewinnt man bei gleicher Höhenlage der Stützen durch die

Continuität theoretisch bei kleineren Spannweiten 12%, bei großen 30%, also fast ebensoviel, als bei zwei Oeffnungen. Eine nicht gleiche Höhenlage der Stützen bietet auch hier keinen beachtenswerthen Vortheil.

c. Brücken mit vier Oeffnungen.

Hier ergiebt sich bei constantem Querschnitte gegen getrennte Träger 0—7% Ersparniß; bei variablem Querschnitt ergiebt sich theoretisch bei kleineren Spannweiten 17, bei großen 34% Ersparniß, also nur wenig mehr, als bei Brücken mit 2—3 Oeffnungen. Hierbei ist ebenfalls das zweckmäßigste Verhältniß der Spannweiten vorausgesetzt.

Im Allgemeinen kann man also durch Anwendung continuirlicher Träger und eines variablen Querschnittes theoretisch bei kleineren Spannweiten 13%, bei großen 32% ersparen; in Wirklichkeit wird sich diese Ersparniß nur auf bezüglich 8% und 24% herausstellen. Hiernach erscheint die Anwendung continuirlicher Träger bei größeren Spannweiten als unbedingt zweckmäßig, wenn man dafür sorgt, daß die hier vorausgesetzte Höhenlage der Stützen wirklich stattfindet, denn schon kleine Abweichungen in der Höhenlage der Stützpunkte bringen eine bedeutende Aenderung in der Beanspruchung der Träger hervor. Dies aber ist durch passend construirte Lager wohl zu erreichen.

Ein anderweiter Vortheil der continuirlichen Träger besteht in der geringeren Durchbiegung; dieselbe ist nur $\frac{4}{10}$—$\frac{7}{10}$ von der Durchbiegung getrennter Träger.

Bei Ermittelung dieser Zahlen ist stets die ungünstigste Belastungsweise der Brücke vorausgesetzt.

7. Welches ist bei Anwendung continuirlicher Träger das zweckmäßigste Verhältniß zwischen der Länge der einzelnen Felder?

Jedenfalls ist als zweckmäßigstes Verhältniß dasjenige anzusehen, für welches der Materialbedarf ein Minimum ist.

a. Brücken mit drei Oeffnungen.

Für constanten Querschnitt ist im „Civilingenieur, 1860" von H. und fast gleichzeitig in der „Zeitschrift des Hannov. Archit.- und Ingen.-Vereins, 1860" von Mohr nachgewiesen worden, daß es am zweckmäßigsten sei, das mittlere Feld etwas kleiner zu machen, als die äußeren Felder, was allen bisherigen Ausführungen direct widerspricht, aber dennoch vollständig richtig ist. Es ergiebt sich für kleinere Spannweiten das Verhältniß 9:8:9, für größere 7:6:7. Aesthetische Rücksichten können allerdings wohl eine Abweichung hiervon räthlich erscheinen lassen.

Bei der zweckmäßigsten Senkung der Mittelstützen ergiebt sich dagegen bei constantem Querschnitte, daß das mittlere Feld größer sein muß, als die äußeren Felder, und zwar ist das zweckmäßigste Verhältniß bei kleineren Spannweiten 15:17:15, bei größeren 11:13:11.

Bei variablem Querschnitte ergiebt sich aber auch bei gleicher Höhenlage der Stützen, daß das mittlere Feld größer sein muß, als die äußeren Oeffnungen und zwar ist das zweckmäßigste Verhältniß bei kleinen Spannweiten 9:10:9, bei großen 7:8:7.

b. Brücken mit vier Oeffnungen.

Hier ist es bei constantem Querschnitte auch bei gleicher Höhenlage der Stützen am zweckmäßigsten, die mittleren Oeffnungen größer zu wählen, als die äußeren, wie der Vortragende zuerst im „Civilingenieur, Jahrg. 1862" nachgewiesen hat. Das zweckmäßigste Verhältniß ist bei kleineren Spannweiten 8:9:9:8, bei großen 9:11:11:9. Bei variablem Querschnitte und gleicher Höhenlage der Stützen ist das zweckmäßigste Verhältniß bei kleinen Spannweiten 1:1:1:1, also Gleichheit der Oeffnungen, bei großen 13:15:15:13.

Es ist jedoch durchaus unnöthig, sich ganz ängstlich an das zweckmäßigste Verhältniß zu binden, da das Verhältniß schon viel vom zweckmäßigsten abweichen kann, ohne daß sich die Menge des nöthigen Materials merklich ändert. Beispielsweise verhält sich die Menge des Materials bei einer Brücke mit 3 Oeffnungen bei den Verhältnissen 10:10:10, 10:11:10, 10:12:10, 10:13:10, bei kleineren Spannweiten wie 427:423:425:436, bei großen wie 426:423:423:426. Die ganz genaue Ermittelung des zweckmäßigsten Verhältnisses der Spannweiten hat daher keinen großen praktischen Werth.

Der oft erwähnte Unterschied zwischen kleinen und großen Spannweiten liegt darin, daß das Verhältniß der zufälligen Last zum Eigengewichte, von welchem das zweckmäßigste Verhältniß der Spannweiten abhängt, sich mit der Spannweite sehr ändert.

8. Sind gerade oder gekrümmte Gurte anzuwenden?

Außer den gewöhnlichen Gitterträgern mit geraden Gurten bestehen bekanntlich Gitterträger mit gekrümmten Gurten, die man, weil die Gurte parabolisch gestaltet sein sollen, Parabelträger nennt. Ist nur der untere Gurt gekrümmt, so heißen sie auch Fischbauchträger, ist nur der obere Gurt gekrümmt, Bow-strings, Bogensehnenträger oder Fischrückenträger, und wenn beide Gurte gekrümmt sind: Fischträger (Pauli'sche Träger, richtiger Brunel'sche Träger). Hierbei ist vorausgesetzt, daß die Enden beider Gurte zusammenfallen; neuerdings sind aber auch Parabelträger in Vorschlag gebracht, bei welchen sich beide Gurte durchdringen (⋈).

Der Zweck der gekrümmten Gurte ist folgender: Es ist bekannt, daß ein Bogenträger am schwächsten ausfällt, wenn man ihn so gestaltet, daß er nur Druck in seiner Richtung erfährt. Ist die Last gleichmäßig über die Horizontalprojection vertheilt, so muß der Träger zur Erfüllung dieser Bedingung die Gestalt einer Parabel haben. Wenn man daher dem einen Gurte eine parabolische Gestalt giebt, so wird derselbe eine gleichmäßig vertheilte Last zu tragen im Stande sein, auch wenn kein Gitterwerk vorhanden ist; der andere Gurt erhält dann durch den Horizontalschub, resp. Horizontalzug an allen Stellen dieselbe Spannung. Wenn nun aber die Last nicht gleichmäßig vertheilt ist, wenn also z. B. der Eisenbahnzug nur einen Theil der Brücke bedeckt, so würden die Gurte, wenn kein Gitterwerk vorhanden wäre, nicht nur Zug oder Druck in ihrer Richtung erfahren, sondern auch außerdem auf Bruchfestigkeit beansprucht. Durch die Bildung fester Dreieckssysteme durch das Gitterwerk wird dies aber verhütet. Demnach ist das Gitterwerk bei gleichmäßig vertheilter Last ohne Wirksamkeit, hat also nur den Zweck, bei partieller Belastung die Beanspruchung der Gurte auf Bruchfestigkeit zu verhindern.

Bei Gitterträgern mit geraden Gurten ist dies ganz anders; hier wird das Gitterwerk auch bei totaler gleichmäßiger Belastung beansprucht. Bei geraden Gurten nehmen die Spannungen der Gitterstäbe von den Enden des Trägers nach der Mitte hin ab; bei Parabelträgern findet das Umgekehrte statt. In der Mitte selbst ergiebt sich für beide Systeme unter sonst gleichen Umständen dieselbe Spannung. Somit ist klar, daß das Gitterwerk der Parabelträger viel schwächer ausfallen kann, als das Gitterwerk bei geraden Gurten. Hierin ist der Hauptvortheil der Parabelträger zu suchen.

Die Gurte müssen bei beiden Systemen bei gleicher Höhe der Träger in der Mitte gleich stark werden; indeß kann man Parabelträger in der Mitte höher machen, als Träger mit geraden Gurten, um gleiche Stabilität zu erhalten. Gewöhnlich macht man die Höhe der Gitterträger gleich $^1/_{10}$ der Spannweite; nimmt man die mittlere Höhe der Parabelträger, d. i. das arithmetische Mittel aus allen Höhen, ebenfalls $^1/_{10}$ der Spannweite, so wird die Höhe in der Mitte ungefähr $^1/_7$ der Spannweite. In diesem Falle ergiebt sich, daß die Gurte der Parabelträger fast genau dasselbe Material erfordern, als gerade Gurte, wenn man beachtet, daß die gekrümmten Gurte an allen Stellen fast gleichgespannt sind, also einen fast constanten Querschnitt erhalten müssen, während der Querschnitt der geraden Gurte veränderlich sein kann. In den Gurten gestatten also die Parabelträger keine Ersparniß.

Für das Gitterwerk braucht man bei Parabelträgern theoretisch bei kleinen Spannweiten $^1/_4$, bei großen sogar nur $^1/_{11}$ soviel Material, als bei geraden Gurten und im Ganzen gewinnt man bei Parabelträgern, gegenüber den Trägern mit geraden Gurten, theoretisch bei kleinen Spannweiten 18 %, bei großen 20 %; der praktische Gewinn beträgt jedoch nur bezüglich 9 % und 18 %.

Bei Brücken mit mehr als einer Oeffnung ist hierbei vorausgesetzt, daß getrennte Träger angewendet werden; wählt man dagegen für die Brücken mit geraden Gurten continuirliche Träger, so gewinnt man bei Parabelträgern theoretisch bei kleinen Spannweiten 13 %, bei großen aber nichts. Da nun aber die Herstellungskosten der continuirlichen Träger sich billiger herausstellen, als die der Parabelträger, so dürften bei großen Spannweiten die continuirlichen Träger mit geraden Gurten den Parabelträgern vorzuziehen sein. In ästhetischer Hinsicht leisten die Parabelträger überdies auch nicht besonders viel.

9. Wie sind die Lager zu construiren?

Bei den meisten bisher angewendeten festen und beweglichen Lagern ruhen diese mit einer ziemlich großen Länge auf, was jedoch Uebelstände mit sich führt. Sobald nämlich der Träger belastet wird, biegt er sich durch und seine horizontale Lage an den Auflagerpunkten geht in eine geneigte über, so daß er jetzt nur noch auf einer Kante des Lagers oder wenigstens auf einer sehr kurzen Strecke, oder bei Walzenlagern auf einer Walze aufliegt.

Somit ist der übrige Theil des Lagers überflüssig, es entstehen aber hieraus auch offenbare Nachtheile. Bei einem Träger mit engen Gittermaschen ist ein einzelner Stab nicht im Stande, einen so großen Druck, wie der Stützendruck, aufzunehmen; deshalb ist hier eine Verbindung der Gitterstäbe durch Steifen nöthig und ganz besonders an der Stelle, an welcher der belastete Träger aufliegt; eine Stelle, welche bei diesen langen Lagern ziemlich unbestimmt ist. Bei weitmaschigen Gitterträgern ist es geradezu nöthig, den Stützendruck an einer Stelle, an welcher ein Gitterstab mit dem Untergurte verbunden ist, angreifen zu lassen; denn sonst würde der Untergurt diesen Druck allein aufnehmen und hierzu sehr stark construirt sein müssen. Deshalb ist es zweckmäßig, dafür zu sorgen, daß die Träger nur auf einer sehr kurzen Strecke aufliegen.

Um gleichzeitig das Aufliegen auf einer Kante oder nur einer Walze zu verhüten, kann man in doppelter Weise verfahren. Entweder versieht man den unteren Gurt mit einem Zapfenlager, welches auf einen entsprechenden Zapfen des festen oder Walzen-Lagers paßt (Brücke über die Brahe bei Czerk, Brücke über die Lahn bei Oberlahnstein), oder man versieht den unteren Gurt mit einer ebenen Fläche, welche man auf eine cylindrische Fläche des festen oder Walzen-Lagers legt (Rheinbrücke bei Mainz, Rodachbrücke bei Kronach, Isarbrücke bei Groß-Hessenlohe).

Bei der letzteren Auflagerungsweise ist allerdings die bei der ersteren entstehende gleitende Reibung am Zapfen in walzende verwandelt, also bedeutend vermindert. Diese Reibung setzt sich dem Schiefstellen der Enden des Trägers entgegen und bewirkt so eine besondere Beanspruchung der Enden des Trägers nach Art der eingespannten Balken, auf welche derselbe nicht berechnet ist. Die Rechnung zeigt jedoch, daß auch der Anwendung von Zapfen kein Bedenken entgegensteht. Man kann diese Lager Kipplager nennen.

Bei diesen Lagern ist der genannte Zapfen oder die cylindrische Fläche mit einer versteiften größeren Platte zu verbinden, um den Druck auf eine genügend große Fläche des Mauerwerks zu vertheilen. Diese ist entweder direct auf das Mauerwerk oder bei den beweglichen Lagern auf Walzen zu legen. Je größer der Stützendruck ist, desto größer muß der Durchmesser der Walzen, oder desto größer ihre Anzahl sein, damit sie dem Drucke genügend Widerstand leisten. Je größer der Durchmesser ist, desto kleiner ist zugleich die Reibung, so daß man möglichst große Walzen anwenden soll. Da bei diesen nur ein kleiner Theil des Umfanges zur Abwickelung kommt, so wird man den übrigen Theil weglassen, wodurch die sogenannten Stelzenlager entstehen (Innbrücke bei Passau, Isarbrücke bei Großhessenlohe).

Durch Anwendung einer einzigen größeren Walze kann man die Vortheile der Kipp- und Walzenlager vereinigen. Dieses Lager gestattet den Enden ohne Hinderniß sich schief zu stellen, concentrirt den Stützendruck auf eine kleine Strecke und gestattet eine Längenveränderung der Träger bei Temperaturveränderungen. Zur Verhütung einer zufälligen Verrückung ist die Walze mit der Unter- und Ueberlagsplatte durch einen oder mehrere Zähne, ähnlich einem in eine Zahnstange eingreifenden Zahnrade, zu verbinden.

Schlüßlich macht der Vortragende noch darauf aufmerksam, daß die bei den continuirlichen Trägern erforderliche genaue Herstellung und Erhaltung der berechneten Höhenlage der Stützen am besten durch Keile zu erzielen sei, und daß derartige Keillager schon mehrfach zur Anwendung gekommen seien (Rheinbrücke bei Köln, Brücken über die Lahn bei Balduinstein, Weilburg und Nassau). Bei Brücken mit getrennten Trägern seien dagegen Keillager unnütz.

Die vorstehend erörterten Fragen enthalten die wichtigsten, bei den Gitterbrücken zu berücksichtigen Punkte, auf sonstige fragliche Punkte erlaubte die Zeit nicht näher einzugehen.

Ueber einige empirische Verfahrungsarten, die Durchflußweite von kleineren Brücken aus der Größe des Niederschlagsgebietes zu bestimmen.

Von

Baurath von Kaven in Hannover.

(Hierzu Fig. 1—12 auf Taf. 9.)

Bei Ermittelung des Wasserquantums, welches Brücken bei Hochwasser abzuführen haben, pflegt man wohl, wenn andere Daten nicht vorliegen, die Bestimmung der Durchflußweite unter Zugrundelegung der Größe des Niederschlagsgebietes und einer gewissen abzuführenden Regenhöhe vorzunehmen. Es soll im Folgenden untersucht werden, inwieweit die Form des Niederschlagsgebietes, die Neigung desselben, die Dauer des Regens und sonstige Vorkommnisse bei diesen Bestimmungen in Frage kommen, um die wie im Eingange gefundenen Resultate in gegebenen Fällen der Localität entsprechend modificiren und sich Rechenschaft über die Zuverlässigkeit des erlangten Resultats geben zu können. Zuerst ist eine einfache theoretische Betrachtung über die Wassermenge erforderlich, welche von einem Hange von bestimmter Neigung bei einer gewissen Stärke und Dauer des Niederschlages abfließt.

1) Bestimmung des von Hängen abfließenden Wasserquantums bei einer gewissen Dauer des Niederschlages.

Es sei AB, Fig. 1, Tafel 9, ein Hang von der Länge L, der Neigung α und der Breite gleich Eins, auf welchen während der Zeit t Regen fällt. Die pro Zeiteinheit von der überhaupt fallenden Niederschlagshöhe zum

Abfluß gelangende, sei h, und v sei die als gleichmäßig vorausgesetzte Geschwindigkeit, mit welcher das Abfließen des Niederschlages erfolgt. Nach Aufhören des Regens ist dann der schraffirte Theil, dessen Inhalt

$$= \frac{vt \, . \, ht}{2} = \frac{hvt^2}{2},$$

während der Zeit t abgeflossen. Da die abfließende Wassermenge gleichmäßig von 0 bis t wuchs, so ist, wie die Fig. 1 auch ergiebt, die größte Wassermenge pro Zeiteinheit hvt gewesen, so daß also die abgeflossene

$$= \frac{(0 + hvt)\,t}{2} = \frac{hvt^2}{2}$$

ist. Die Maximalwassermenge pro Zeiteinheit, welche für den Querschnitt eines bei A zu erbauenden Durchlasses in Frage kommt, ist also

$$1) \quad w = hvt$$

und diese Wassermenge pro Zeiteinheit wird auch, wenn z die Zeit ist, in welcher ein bei B gefallener Tropfen nach A gelangt, bei A während der Zeit (z — t) durchfließen, worauf sie während der Zeit t wieder bis 0 abnimmt. Damit ist das gesammte gefallene Wasser verlaufen. Diese gesammte Wassermenge beträgt also, wenn man addirt,

$$Q = \frac{hvt^2}{2} + ht \, . \, v(z - t) + \frac{hvt^2}{2} = hvt \, . \, z.$$

Aber es ist nach der Voraussetzung $vz = L$, mithin ist auch $Q = Lht$, also gleich der auf die Fläche L während t gefallenen Wassermenge, wie es nicht anders sein kann.

Die größte Wassermenge pro Zeiteinheit war also

$$w = hvt,$$

und will man diese als Theil der auf der ganzen Fläche L gefallenen Wassermenge ausdrücken, da man das gesammte Niederschlagsgebiet bei dergleichen Bestimmungen zu ermitteln pflegt, so hat man nach der Figur $v = \frac{L}{z}$ und, dies substituirt, erhält man auch die größte Wassermenge pro Zeiteinheit während eines t dauernden Regens

$$w = \frac{ht \, . \, L}{z} = hL \, . \, \frac{t}{z}.$$

Diese Wassermenge wird die größtmögliche, welche von diesem Hange überhaupt bei der Regenhöhe h erfolgen kann, wenn $t = z$ wird; dann ist

$$w = hL,$$

d. h. die gesammte Wassermenge, welche pro Zeiteinheit gefallen ist, fließt auch in der Zeiteinheit ab, und wenn von da ab der Regen auch beliebig lange dauerte, kann doch nicht mehr Wasser pro Zeiteinheit erfolgen. Dieses Maximum tritt ein, wenn der erste bei B gefallene Tropfen nach Verlauf von z bei A angelangt ist, so daß dann die Summe sämmtlicher Wassertropfen bei A vorhanden ist. Die graphische Darstellung gestaltet sich dann wie Fig. 2, wo diese Maximalwassermenge im Augenblicke des Scheitelstandes abfließt.

Es folgt auch noch, daß die ganze Zeit des Verlaufs in jedem Falle t + z sein muß, nämlich t bis zum Anschwellen und z — t für den Beharrungszustand und t für das Abschwellen oder Verlaufen. Die Länge des Hanges, welche bei einem Regen von der Zeit t gerade einen Scheitel ergeben würde, also $L = vt$, möge die Normallänge L_n genannt werden. —

2) Wassermengen bei Hängen verschiedener Höhe und Länge, wenn letztere kürzer als die Normallänge ist.

Wenn der Regen lange genug dauert, so daß $vt = L$ ist, wird also von einem Hange pro Zeiteinheit die Maximalwassermenge hLB, wenn B die Breite desselben, oder weil $LB = F =$ der Fläche des Niederschlaggebietes ist, Fh abfließen. Dauert der Regen aber nicht so lange, daß bei einer der zu vergleichenden Hänge die ganze Länge durchlaufen wird, so ist also

$$w = hvt \text{ pro Zeiteinheit.}$$

Benutzt man nun die für gleichförmige Bewegung des Wassers gebräuchliche Formel $v = \varphi \sqrt{\frac{\alpha q}{p}}$, worin φ ein Erfahrungscoefficient, α das Gefälle $= \sin \alpha$ oder $\operatorname{tang.} \alpha = \frac{H}{L}$ und q der Querschnitt, p der benetzte Perimeter sind, so kann man, wenn von gleichen Zuflußgebieten, die sich nur bezüglich ihres Abhanges unterscheiden, bei gleicher Regenhöhe resp. gleicher abfließenden Niederschlagsmenge die Rede ist, das Verhältniß der Geschwindigkeiten annähernd ausdrücken durch

$$v : v_1 = \sqrt{\operatorname{tg} \alpha} : \sqrt{\operatorname{tang.} \alpha_1},$$

und da sich bei gleichem h und gleichem t die Wassermengen auch wie die Geschwindigkeiten verhalten, so kann man auch setzen:

$$w : w_1 = \sqrt{\operatorname{tang} \alpha} : \sqrt{\operatorname{tang} \alpha_1}$$

$$w : w_1 = \sqrt{\frac{H}{L}} : \sqrt{\frac{H_1}{L_1}},$$

also verhalten sich die Wassermengen pro Einheit der Breite bei Hängen von verschiedenen Längen und Höhen, wie die Wurzeln aus den Quotienten von Höhe durch Länge, oder wie die Wurzeln aus der Tangente der Neigung, oder wie die Geschwindigkeiten des Abflusses. *)

---

*) In einem Thale, dessen Abhang z. B. das Neunfache eines anderen (im übrigen gleichen) Thales beträgt, wird sich eine Abflußgeschwindigkeit entfalten, welche dreimal so groß als die in dem minder geneigten ist. Diese größere Abflußgeschwindigkeit wird unter allen

Dies gilt, so lange $L_1 > v_1 t$ und $L > vt$ ist, so lange also die Länge der Schluchten größer als die Normallänge ist.

3) Bestimmung des Erfahrungscoefficienten μ.

Es war angenommen

$$v = \varphi \sqrt{\frac{tg\alpha . q}{p}},$$

wofür, wenn man bei gleichem α und t den Werth $\frac{q}{p}$ constant setzt, man schreiben kann $v = \mu \sqrt{\tang \alpha} = \mu \sqrt{\frac{H}{L}}$. Nun ist aber auch $v = \frac{L}{z}$, also auch

$$\mu = v \sqrt{\frac{L}{H}} = \frac{L}{z} \sqrt{\frac{L}{H}},$$

wonach man, wenn die Werthe rechts durch Messung ermittelt sind, μ bestimmen könnte. Dieser Werth würde bei annähernd gleicher Oberflächenbeschaffenheit zweier Hänge auch annähernd derselbe sein und zu einer rohen Schätzung der Wassermenge eines Hanges benutzt werden können; indem man hat $w_1 = hv_1 t$ und $v_1 = \mu \sqrt{\frac{H_1}{L_1}}$, erhält man

$$w_1 = ht \frac{L}{z} \sqrt{\frac{LH_1}{HL_1}}.$$

Diese Gleichung gilt, entsprechend dem Obigen, so lange $L_1 > v_1 t$ oder $L_1 > \mu \sqrt{\frac{H_1}{L_1}}\, t$ und

$$L > \mu \sqrt{\frac{H}{L}} . t \text{ sind.}$$

Diese Betrachtungen gelten auch annähernd für ein Thal von der Form eines Parallelogrammes im Grundriß, dessen Länge zur Breite groß ist, und wo man die Zeit, in welcher das Wasser von den seitlichen Hängen bis zu dem mittleren Schlauch herabfließt, daher genau genug gleich der Zeit setzen kann, welche das Wasser für eine Länge gleich der des seitlichen Hanges in dem Hauptschlauch BC zurücklegt, was nicht genau ist weil das concentrirte Wasser hier rascher als auf den Seitenhängen in dünnen Schichten abfließt, sodaß für den mittleren Lauf der Coefficient μ größer sein würde. Ist diese Voraussetzung über die Form des Thales nicht begründet, so wird man, wie später folgt, den Einfluß einer anderweitigen Form berücksichtigen müssen.

Umständen eine verhältnißmäßig größere Wassermenge zusammendrängen, sie wird den atmosphärischen Niederschlag der stärker geneigten Ebene von dreimal weiter entlegenen Flächenelementen als in der minder geneigten gleichzeitig herunterführen und sonach den größesten Werth des Abflusses von einem noch ausgedehnteren Raume als dem dreifachen des weniger geneigten bewirken.

Für die Länge L wird man dann die Länge des mittleren Wasserlaufs BC plus der Länge des Hanges AB annehmen müssen, und für die Breite die mittlere Breite DE zwischen den Hängen, welche das Wasser dem mittleren Lauf zuschicken, setzen müssen. (Fig. 3.)

Beispiel. — Sei für ein Seitenthal $L = 5841$ Meter die Länge und $H = 2{,}92$ Meter und ermittelt sei $\mu = 5{,}84$, so ist, wenn es während 3 Stunden = 10800 Secunden, regnet, und pro Stunde $\frac{1}{42}$ Fuß hann. = $\frac{1}{143{,}8}$ Meter, oder pro Secunde $\frac{1}{143{,}8 . 3600}$ Meter zum Abfluß gelangt, die Maximalwassermenge pro Secunde beim Aufhören des Regens

$$w = \mu h t \sqrt{\frac{H}{L}}$$

$$w = 5{,}84 . \frac{1}{143{,}8 . 3600} . 3 . 3600 \sqrt{\frac{1}{2000}}$$

$$= 0{,}002724 \text{ Cubikmeter}$$

für eine Breite von 1 Meter des Thales.

Ist $t = \frac{L}{\mu \sqrt{\frac{H}{L}}} = \frac{5841}{5{,}84 . \frac{1}{44{,}72}} = 44720$ Secunden = 12,422 Stunden, so tritt das Maximum ein, vorausgesetzt, daß sich die Geschwindigkeit, oder auch μ sich nicht änderten,

$$w_{max} = 5{,}84 . \frac{1}{143{,}8 . 3600} . 44720 . \frac{1}{44{,}72}$$

$$= 0{,}01128 \text{ Cubikmeter}$$

$$= Lh.$$

Ist für eine andere Schlucht von derselben Oberflächenbeschaffenheit $L_1 = 8761{,}7$ Meter und $H_1 = 5{,}84$ Meter, so ist bei demselben Regen

$$w_1 = 5{,}84 . \frac{1}{143{,}8 . 3600} . 3 . 3600 \sqrt{\frac{1}{1500}}$$

$$= \frac{5{,}84}{143{,}8} . \frac{3}{38{,}73} = 0{,}003146 \text{ Cubikmeter}$$

für eine Breite = 1 Meter.

Die Wassermengen müssen sich also nach dem Früheren verhalten:

$$w_1 : w = \sqrt{\frac{H_1}{L_1}} : \sqrt{\frac{H}{L}} = \frac{1}{38{,}73} : \frac{1}{44{,}72},$$

oder $0{,}003146 : 0{,}002724 = 44{,}72 : 38{,}73$, was auch der Fall ist, da $0{,}003146 . 38{,}73 = 0{,}002724 . 44{,}72 = 0{,}1218$ ist.

Die Zeit des Regens, für welche bei dieser Schlucht das Maximum eintritt, vorausgesetzt, daß sich die Geschwindigkeit oder auch μ nicht änderte, ist

$$t_1 = \frac{L_1}{\mu\sqrt{\frac{H_1}{L_1}}} = \frac{8761{,}7}{5{,}84\sqrt{\frac{1}{1500}}}$$
$$= 1500 . 38.73 = 58095 \text{ Secunden}$$
$$= 16{,}14 \text{ Stunden.}$$

Dann ist

$$w_{1\,max} = 5{,}84 . \frac{1}{143{,}8 . 3600} . 58095 . \frac{1}{38{,}73}$$
$$= 8761{,}70 . h$$
$$= 0{,}017 \text{ Cubikmeter}$$

pro Secunde für 1 Meter Breite.

Ist nun die eine Schlucht B breit, die andere B_1, so verhalten sich die Wassermengen für jeden Regen, der kürzer als 12,422 Stunden dauert, wie

$$0{,}002724\,B : 0{,}003146\,B_1$$

und ist vor dem ersten Thal L eine Brücke von a Weite genügend gefunden, so ist, vorausgesetzt daß bei L_1 der Wasserlauf dieselbe Tiefe über der Sohle beim höchsten Stande erhalte, und daß wegen der Bodenbeschaffenheit dieselbe Geschwindigkeit zulässig sei, wenn a, resp. a_1 die Weiten der Brücken sind

$$a : a_1 = 0{,}002724\,B : 0{,}003146\,B_1$$

oder

$$a_1 = \frac{0{,}003146\,B_1}{0{,}002724\,B} . a,$$

wobei selbstredend die Abflußverhältnisse der neuen Brücke der Art sein müssen, daß sich die vorausgesetzte Geschwindigkeit auch einstellen könne.

4) Vergleichung der Wassermengen pro Quadrateinheit des Niederschlagsgebietes.

Vergleicht man nun die Wassermengen pro Quadrateinheit jedes ganzen Thales, welche während eines Regens t aus zwei verschiedenen Thälern erfolgen, von denen jedes länger als die Normallänge ist, so ist zuerst klar, daß bei gleicher Neigung und Bodenbeschaffenheit, also bei gleicher Geschwindigkeit des Abflusses, die gelieferten ganzen Wassermengen bei gleicher Breite der Thäler gleich sein müssen, also müssen sich die pro Quadrateinheit des ganzen Thals zum Abfluß gelangten Wassermengen verhalten wie umgekehrt die Flächen, oder für gleiche Breiten wie umgekehrt die Längen. Sind m, resp. m_1 diese Wassermengen pro Quadrateinheit, so ist also aus diesem Grunde

$$m : m_1 = L_1 : L \quad \text{oder}$$
$$\frac{m}{m_1} = \frac{L_1}{L}; \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{L_2}{L_1} \quad \text{u. s. w.}$$

Bei gleichen Längen zweier solcher Thäler, die länger als die Normallänge sind, aber verschiedene Neigungen haben, werden sich aber die pro Quadrateinheit gelieferten Wassermengen direct wie die Geschwindigkeiten verhalten, oder

$$m : m_1 = v : v_1 \quad \text{oder}$$
$$\frac{m}{m_1} = \frac{v}{v_1}; \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{v_1}{v_2};$$

daher verhalten sich aus beiden Gründen die Wassermengen pro Quadrateinheit bei Thälern von verschiedenen Längen und Geschwindigkeiten, wenn die Längen größer als die Normallängen tv und tv_1 sind

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_1 L_2}{v_2 L_1} \quad \text{und weil}$$
$$v = \mu\sqrt{\frac{H}{L}} \quad \text{und}$$
$$v_1 = \mu\sqrt{\frac{H_1}{L_1}},$$

so ist auch

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{L_2\sqrt{L_2 . H_1}}{L_1\sqrt{L_1 . H_2}} \quad \text{oder auch}$$
$$m_1 = m_2\,\frac{L_2\sqrt{L_2 . H_1}}{L_1\sqrt{L_1 . H_2}}.$$

Im Anschluß an das Frühere kann man dies auch so zeigen. Die größte Wassermenge pro Zeiteinheit ist für das eine Thal $w = L h B \frac{t}{z}$, für das andere $w_1 = L_1 h B_1 \frac{t}{z_1}$, nun ist aber $z = \frac{L}{v}$ und $z_1 = \frac{L_1}{v_1}$, also die Wassermenge pro Quadrateinheit und Zeiteinheit

$$\frac{w}{LB} = \frac{htv}{L} = m \quad \text{und}$$
$$\frac{w_1}{L_1 B_1} = \frac{htv_1}{L_1} = m_1$$
$$\frac{w_2}{L_2 B_2} = \frac{htv_2}{L_2} = m_2 \quad \text{u. s. w.}$$

daher auch

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\frac{v_1}{L_1}}{\frac{v_2}{L_2}} = \frac{v_1 L_2}{v_2 L_1}, \quad \text{wie vorhin.}$$

Beispiel. Es sei während eines Regens von t Stunden pro maximo (also nach Aufhören des Regens beim Beharrungszustande) aus einem Gebiete von $L_2 = 5841$ Meter, $H_2 = 2{,}92$ Meter eine Wassermenge pro Quadrateinheit und Secunde $= \frac{0{,}002724}{5841} = \frac{0{,}004086}{8761{,}7}$ Cubikmet. geflossen, wie viel wird aus einer von $L_1 = 8761{,}7$ Meter, $H_1 = 5{,}84$ Meter fließen.

Es wird

$$m_1 = \frac{0{,}004086}{8761{,}7} . \frac{5841}{8761{,}7}\sqrt{\frac{5841}{8761{,}7} . \frac{5{,}84}{2{,}92}}, \quad \text{oder}$$

$$m_1 = {}^2/_3 . 1{,}1560 . \frac{0{,}004086}{8761{,}7} = \frac{0{,}003146}{8761{,}7} \text{ Cubikmeter,}$$

was mit dem früheren Beispiel stimmt.

Die gesammte größte Wassermenge pro Zeiteinheit in diesem Falle wird also, wenn die Breiten B_2, resp. B_1 sind, sein

$$L_2 B_2 m_2 = \frac{5841 . 0{,}002724}{5841} . B_2 = 0{,}002724 B_2$$

und

$$L_1 B_1 m_1 = \frac{8761{,}7 . 0{,}003146}{8761{,}7} . B_1 = 0{,}003146 B_1 .$$

5) Vergleichung der Maximalwassermengen von Hängen, welche länger als die Normallänge, gleichen Niederschlag vorausgesetzt.

Die Maximal-Wassermengen pro Zeiteinheit, welche von 2 Hängen erfolgen, die größere Länge als die Normallänge haben, verhalten sich auch direct wie die Geschwindigkeiten des vom Hange fließenden Wassers und die Breiten des Hanges also

$$w_1 : w_2 = v_1 B_1 : v_2 B_2,$$

mithin

$$w_2 = w_1 \frac{v_2 B_2}{v_1 B_1} = w . \frac{\sqrt{\frac{H_2}{L_2}}}{\sqrt{\frac{H_1}{L_1}}} . \frac{B_2}{B_1}$$

also:

$$w_2 = w_1 \sqrt{\frac{H_2 L_1}{H_1 L_2}} . \frac{B_2}{B_1} .$$

Beispiel. Für ein Thal ist, wenn es $t = 3$ Stunden regnet, die Maximal-Wassermenge $= w_1$ pro Secunde zu 0,002724 Cubikmeter ermittelt, wobei $L_1 = 5841{,}12$ Met., $H_1 = 2{,}92$ Meter ist und $B_1 = 1$ Meter gesetzt wird. Wie viel Wasser w_2 wird von einer Niederung pro Zeiteinheit bei demselben Regen laufen, wo $L_2 = 8761{,}68$ Meter, $H_2 = 5{,}84$ Meter und B_2 ebenfalls $= 1$ Meter gesetzt ist. Man erhält:

$$w_2 = 0{,}002724 \sqrt{\frac{5{,}84}{2{,}92} . \frac{5841{,}12}{8761{,}68}} = 0{,}003146 \text{ Cubikmet.}$$

und ebenso wie diese Wassermengen müssen sich bei gleicher Geschwindigkeit in den Brückenöffnungen am Ende des Thals die Querschnitte dieser letzteren verhalten.

In dem Aufsatze von Blohm „über den Einfluß der äußeren Bodengestaltung der Quellengebiete auf die periodischen Anschwellungen der kleineren Flüsse und Bäche" (Zeitschrift des Hann. Arch.- u. Ing.-Vereins, Bd. IV, 1858, S. 31) findet sich folgendes Beispiel angegeben.

Bei einem Zuflußbecken ist die Fläche $B_1 L_1 = 3$ Qu.-Lieues und $L_1 = 4$ Lieues, also $B_1 = 0{,}75$ Lieues, und die Weite der Brücke vor diesem Becken, welche also w_1 proportional ist, $= 2{,}60$ Meter. Wie weit muß die Brücke für ein anderes Thal sein, wo $B_2 L_2 = 2^1/_2$ Quadrat-Lieues und $L_2 = 2{,}75$ Lieues, also $B_2 = \frac{2{,}5}{2{,}75} = 0{,}91$ Lieues ist. Die Neigungen werden als gleich vorausgesetzt, also $L_1 H_2 = L_2 . H_1$. Man hat dann einfach die gesuchte Weite

$$x : 2{,}60 \text{ Meter} = w_2 : w_1 = w_1 \frac{B_2}{B_1} : w_1$$

$$x = 2{,}60 \text{ Meter} . \frac{B_2}{B_1} = 2{,}6 \text{ Meter} . \frac{0{,}91}{0{,}75}$$

$$= 3{,}15 \text{ Meter.}$$

Würde es aber so lange regnen, daß in der längeren Schlucht ein Scheitelpunkt eingetreten wäre, so daß also der am oberen Anfange der Schlucht gefallene Regen unten angekommen wäre (also $t_1 = z_1$), so würden die Wassermengen pro Zeiteinheit proportional den Flächen sein, also resp. $L_1 B_1 h$ und $L_2 B_2 h$ proportional, und es verhalten sich

$$w_{1max} : w_{2max} = L_1 B_1 : L_2 B_2 = F_1 : F_2$$

oder da w_1 proportional 2,60 Meter und w_2 proportional der gesuchten Weite ist, so ist

$$2{,}60 \text{ Meter} : x = F_1 : F_2 \quad \text{oder}$$

$$x = 2{,}60 \text{ Meter} . \frac{F_2}{F_1} = 2{,}60 \text{ Met.} . \frac{2{,}5}{3} = 2{,}166 \text{ Met.}$$

Dies Beispiel zeigt also, daß man über das Eintreten des Scheitelpunktes unterrichtet sein muß, und daß daher betreffende Ermittelungen vorliegen müssen.

6) Ermittelung, ob ein Scheitelpunkt, welcher das Maximum pro Zeiteinheit liefert, stattgefunden habe.

1) Gesetzt, es regne während t und die Zeit, nach welcher das gesammte Wasser abgelaufen, über t hinaus sei z, so ist die Geschwindigkeit gewesen $v = \frac{L}{z}$ und es ist ein Scheitelpunkt vorhanden, wenn $z = t$ ist.

Steigt während eines fortdauernden Regens das Wasser nicht mehr und war der höchste Stand oder der Scheitel nach τ Zeit eingetreten, so muß auch

$$v = \frac{L}{\tau}$$

gewesen sein und während $t - \tau$ Zeit hat ein Beharrungszustand in der Scheitelhöhe stattgefunden.

3) Steigt das Wasser, so lange es während t regnet, und findet nach Aufhören des Regens sofort ein Sinken wieder statt, so war gerade ein Scheitel eingetreten und es ist $z = t$ und

$$v = \frac{L}{z} = \frac{L}{t} \text{ gewesen.}$$

4) **Steigt das Wasser, so lange es während t regnet, und bleibt es nach Aufhören des Regens eine Zeit (z—t) lang beharren,** fällt aber dann wieder, bis es nach fernerer **Zeit t ganz** verlaufen ist, so hat kein Scheitel stattgefunden **und es muß** gewesen sein

$$v = \frac{L}{z}$$

und die Zeit, während welcher es hätte regnen müssen, **damit bei** diesem Thal ein Scheitel eingetreten wäre, würde sein $\frac{L}{v} = z$.

7) Beobachtungen zur ungefähren Ermittelung der Maximalwassermenge.

Nach dem Früheren ist die Maximal-Wassermenge **bei einem** Thale, welches länger als die Normallänge ist

$$w = LhB\frac{t}{z}.$$

Man würde nun das Folgende zu beobachten suchen **müssen:**

a. bei einem fortdauernden Regen die Zeit τ, nach welcher ein Scheitel eingetreten ist.

b. Man mißt die Länge L des Laufes genau genug auf der Karte und hat dann die Geschwindigkeit des Wassers im Laufe $v = \frac{L}{\tau}$.

Die Länge des Laufes von gleicher Neigung, bei welcher das Maximum eintritt, wenn der für die Wassermenge maßgebende stärkste Regen t Stunden dauerte, würde dann sein $L_n = vt$; alle kürzeren Läufe von L_0 Länge und B_0 Breite derselben Neigung und Beschaffenheit geben bei derselben Stärke des Regens das Maximum L_0hB_0 pro Zeiteinheit.

c. Tritt aber, wie oben sub 4 angegeben, während der Beobachtung kein Scheitel ein, so ist gewesen, wenn es während t_1 regnete und nach fernerer Zeit z_1 Alles verlaufen war,

$$v_1 = \frac{L}{z_1}$$

und die Normallänge des Laufes, bei welcher während t Regenzeit ein Scheitel eintreten würde, würde sein

$$L_n = v_1 t;$$

alle kürzeren Läufe derselben Neigung und Beschaffenheit geben das Maximum L_0hB_0 pro Zeiteinheit.

d. Hat man, wie sub a bis c angegeben, v gefunden, so kann man auch

$$\mu = \frac{v}{\sqrt{\text{tang.}\,\alpha}} = \frac{v}{\sqrt{\frac{H}{L}}} = \frac{L}{z\sqrt{\frac{H}{L}}}$$

ermitteln, wenn H der höchste Punkt der gleichmäßig fallenden Schlucht über dem Ausflußpunkte ist, und dann mit Hilfe dieses Coefficienten die Geschwindigkeit v_0 und die Wassermenge für Thäler von ähnlicher Bodenbeschaffenheit bestimmen, für die im Maximo je nach der Localität anzunehmende Regenzeit t. Ist dann die Länge des Laufes $L =< v_0 t$, so tritt das Maximum L_0hB_0 ein, und ist $L > v_0 t$, so tritt die Menge $L_0hB_0\frac{t}{z_0}$ ein, wo $z_0 = \frac{L_0}{v_0}$.*)

*) In Wirklichkeit haben bekanntlich die Thäler kein gleichmäßiges Gefälle, sondern nach dem Ursprunge hin steilere Gefälle. Will man dies berücksichtigen, so wird man aus den Beobachtungen ein mittleres Gefälle, welches die durchschnittliche Geschwindigkeit ergiebt, substituiren können.

Im vorliegenden Falle ist z. B., Fig. 4, die Zeit

$$z = z_a + z_b + z_c$$

$$z = \frac{L}{v} = \frac{l_a}{v_a} + \frac{l_b}{v_b} + \frac{l_c}{v_c}$$

und $v = \mu\sqrt{\frac{H}{L}}$ u. s. w., also

$$z = \frac{L}{\mu\sqrt{\frac{H}{L}}} = \frac{l_a}{\mu\sqrt{\frac{h_a}{l_a}}} + \frac{l_b}{\mu\sqrt{\frac{h_b}{l_b}}} + \frac{l_c}{\mu\sqrt{\frac{h_c}{l_c}}}$$

und $\sqrt{\frac{H}{L}} = A$, $\sqrt{h_a} = a$

und $\sqrt{h_b} = b$ gesetzt u. s. w.

$$\mu z = \frac{L}{A} = \frac{l_a^{3/2}}{a} + \frac{l_b^{3/2}}{b} + \frac{l_c^{3/2}}{c}$$

$$\mu z = \frac{L}{A} = \frac{l_a^{3/2}(bc) + l_b^{3/2}(ac) + l_c^{3/2}(ab)}{a\,.\,b\,.\,c}$$

daher

$$A = \sqrt{\frac{H}{L}} = \frac{L\,(a\,.\,b\,.\,c)}{l_a^{3/2}(bc) + l_b^{3/2}(ac) + l_c^{3/2}(ab)}.$$

Es seien z. B. $L = 300$

$l_a = 100$, $l_b = 100$, $l_c = 100$,
$h_a = 9$, $h_b = 16$, $h_c = 25$,
$a = 3$, $b = 4$, $c = 5$,

dann ist

$$\sqrt{\frac{H}{L}} = \frac{300\,.\,3\,.\,4\,.\,5}{1000\,.\,4\,.\,5 + 1000\,.\,3\,.\,5 + 1000\,.\,3\,.\,4}$$

$$\sqrt{\frac{H}{L}} = \frac{18000}{47000}$$

und daher $\frac{H}{L} = \frac{324}{2209}$, und weil $L = 300$, also $\frac{H}{300} = \frac{324}{2209}$,

also $H = \frac{324\,.\,300}{2209} = 44$.

Hiernach findet sich, da

$$\mu = \frac{v}{\sqrt{\text{tang}\,\alpha}} = \frac{L}{z\sqrt{\frac{H}{L}}}$$

$$\mu = \frac{300}{z\,.\,\frac{18}{47}} = \frac{300\,.\,47}{z\,.\,18} = \frac{783{,}33}{z}.$$

8) Correction der Geschwindigkeit für verschiedene Regenzeiten.

Hat man, wie sub c beobachtet, so entspricht die Maximalwassermenge derjenigen eines Hanges von der Normallänge $L_1 = v_1 t_1$, wogegen, wenn es während t regnet, die Länge der Normalschlucht $v_1 t$ sein würde, wenn die Geschwindigkeit bei längerer Dauer beim Regen unverändert bliebe. Dies ist aber in der Wirklichkeit nicht der Fall, vielmehr wird bei länger dauerndem Regen, wo der Niederschlag sich höher ansammelt, eine größere Abflußgeschwindigkeit stattfinden. Um dies roh zu schätzen, kann man wieder die Eytelwein'sche Formel benutzen, und wenn a den Querschnitt des Wassers an der Abflußstelle des Hanges, p den Perimeter bezeichnen, so kann man die abfließende Wassermenge pro Zeiteinheit setzen, wenn v die gesuchte größere Geschwindigkeit,

$$va = \mu a \sqrt{\frac{a}{p} \tang \alpha} \text{ und}$$

$$v_1 a_1 = \mu a_1 \sqrt{\frac{a_1}{p_1} \tang \alpha}.$$

p und p_1 können bei demselben Hange gleichgesetzt werden, man erhält also:

$$\frac{va}{v_1 a_1} = \frac{a\sqrt{a}}{a_1\sqrt{a_1}} \text{ oder } \frac{v^2}{v_1^2} = \frac{a}{a_1}.$$

Die Wassermenge pro Zeiteinheit ist aber $av = hL$ und $a_1 v_1 = h_1 L_1$, wenn man die Breiten $= 1$ setzt und die Niederschlagshöhen zu resp. h und h_1 verschieden annimmt, daher $a = \frac{hL}{v}$ und $a_1 = \frac{h_1 L_1}{v_1}$, weshalb also auch

$$\frac{v^2}{v_1^2} = \frac{hLv_1}{h_1 L_1 v}.$$

Nun sind aber $L = vt$ und $L_1 = v_1 t_1$, also

$$\frac{v^2}{v_1^2} = \frac{hvv_1 t}{h_1 v_1 v t_1} = \frac{ht}{h_1 t_1}$$

und hieraus

$$v = v_1 \sqrt{\frac{ht}{h_1 t_1}}.$$

Hat man also nach c) während eines Regens von t_1 Zeit und h_1 Regenhöhe die Geschwindigkeit v_1 ermittelt, so kann man nach dem Obigen die Geschwindigkeit v während eines t dauernden Regens und h Niederschlagshöhe ermitteln und danach die Normallänge des Hanges $L = vt$ genauer bestimmen.

Beispiel. Es sei ein Thal 2803,74 Meter lang und während $t_1 = 2$ Stunden Regen steigt das abfließende Wasser und nach weiteren 8 Stunden ist es wieder auf seinen ursprünglichen Stand zurückgekehrt. Dann ist die Geschwindigkeit des Abflusses pro Stunde gewesen $v_1 = \frac{L}{z} = \frac{2803{,}74}{8} = 350{,}47$ Meter.

Dauert nun aber der für das Maximum in Frage kommende Regen in der fraglichen Gegend 6 Stunden, so würde, wenn es pro Zeiteinheit gleich stark regnete, also $h_1 = h$ wäre, die größte Geschwindigkeit des Wassers annähernd sein

$$v = v_1 \sqrt{\frac{t}{t_1}} = 350{,}47 \sqrt{\frac{6}{2}} = 606{,}89 \text{ Meter}$$

und die Normallänge würde gewesen sein

$$L_n = vt = 606{,}89 . 6 = 3641{,}34 \text{ Meter},$$

weshalb die fragliche Schlucht bei B Meter Breite das Maximum $LhB = 2803{,}74 . hB$ Cubikmeter gegeben haben würde, da sie kürzer als die Normalschlucht ist. Will man genauer rechnen, so erhält man die Zeit, wo das Maximum während des 6stündigen Regens eintrat, $= \frac{2803{,}74}{606{,}89} = 4{,}619$ Stunden und die Geschwindigkeit wäre etwas genauer gewesen $350{,}47 \sqrt{\frac{4{,}619}{2}} = 532{,}71$ Met. pro Stunde.

Man erhält, wenn man diese Rechnungen noch weiter fortführen will, mit immer mehr Annäherung nach einander

1) $v = 350{,}47 \sqrt{\frac{6}{2}} = 606{,}89$ Meter,
$L_n = vt = 6 . 606{,}89 = 3641{,}34$ Meter,
$t = \frac{2803{,}74}{606{,}89} = 4{,}619$ Stunden.

2) $v = 350{,}47 \sqrt{\frac{4{,}619}{2}} = 532{,}71$ Meter,
$L_n = 4{,}619 . 532{,}71 = 2460{,}15$ Meter,
$t = \frac{2803{,}74}{532{,}71} = 5{,}264$ Stunden.

3) $v = 350{,}47 \sqrt{\frac{5{,}264}{2}} = 567{,}76$ Meter,
$L_n = 5{,}264 . 567{,}76 = 2988{,}69$ Meter,
$t = \frac{2803{,}74}{567{,}76} = 4{,}932$ Stunden.

4) $v = 350{,}47 \sqrt{\frac{4{,}932}{2}} = 550{,}24$ Meter,
$L_n = 4{,}932 . 550{,}24 = 2713{,}78$ Meter.

Begnügt man sich mit dieser Annäherung, so ist also

$$z = \frac{L}{v} = \frac{2803{,}74}{550{,}24} = 5{,}096 \text{ Stunden}$$

und die Maximalwassermenge pro Zeiteinheit $LhB \frac{t}{z}$

$$= 2803{,}74 . \frac{4{,}932}{5{,}096} hB = 2710 hB \text{ Cubikmeter}.$$

9) Ermittelung der Größe des Niederschlages, welcher zum Abfluß gelangt ist, aus einer gemessenen Wassermenge.

Hat es während t geregnet, und ist nach im Ganzen t + z Zeit vom Anbeginn des Regens das Wasser wieder verlaufen, so ist, während ein Beharrungszustand im Scheitel stattfand, die Wassermenge pro Zeiteinheit gewesen $w = LhB\frac{t}{z}$, und hieraus ist (Fig. 5)

$$h = \frac{wz}{LhBt}.$$

Die Wassermenge, welche pro Zeiteinheit gefallen ist, ist aber auch aus der ganzen ermittelten Q zu finden, denn es ist $Q = htLB$, und daher auch

$$h = \frac{Q}{LBt} = \frac{Q}{Ft}.$$

Die Ermittelung der Wassermenge w kann nun in bekannter Weise geschehen, z. B. bei kleinen Wasserläufen aus Schluchten mittelst Absperrung des Abflusses am Ende der Schlucht durch einen kleinen Damm von Erde oder Rasen, eine hölzerne Wand u. s. w. und Anbringung eines Aichkastens, einer Mündung unter Wasser, eines Ueberfalls*), eines Kastens mit verschieden großer Ein- und Ausflußöffnung**) u. s. w., während man bei größeren Wassermengen ähnliche Verfahrungsarten wie bei Ermittelung der Wassermenge in Bächen und Flüssen wird anwenden müssen. Dabei ist selbstredend, daß man die für gewöhnlich abfließende Wassermenge, welche schon vor dem Regen wegen Speisung aus Quellen rc. vorhanden war, von der gefundenen abziehen muß.

10) Einfluß der Form des Niederschlagsgebietes.

Um den Einfluß der Form der Hänge noch an einem Beispiel zu beleuchten, wollen wir einen Hang von der Form eines Kreissectors vom Centriwinkel φ betrachten und nach den Bezeichnungen der Figur 6 und sonst bekannten Bezeichnungen die während der Regenzeit t erfolgende Wassermenge Q, die während $z - t$ erfolgende Q_1 und die dann noch während t abfließende Q_2 nennen. Man hat dann

$$dQ = x\varphi . \frac{\tau h}{2} dx$$

und weil $\tau : t = x : R$,

*) Vergl. K. R. Bornemann, „Hydrometrie oder praktische Anleitung zum Wassermessen. Freiberg, Engelhardt 1849" und auch Weisbach, „der Ingenieur. III. Auflage. Hydrometrie, S. 463".

**) Hagen, „Handbuch der Wasserbaukunst. Theil I, S. 252. Messung des Wassers in den Leitungen.

also $\tau = \frac{tx}{R}$, $x = \frac{\tau R}{t}$, $dx = \frac{R d\tau}{t}$, findet man $dQ = \frac{R^2 \varphi h}{2} \frac{\tau^2}{t^2} d\tau$, also die Wassermenge pro Zeiteinheit, wenn sie an der fraglichen Stelle constant bliebe

$$\frac{dQ}{d\tau} = \frac{Q^2 \varphi h}{2} \frac{\tau^2}{t^2}$$

und das Maximum für $\tau = t$

$$\frac{dQ}{d\tau} = \frac{R^2 \varphi h}{2}.$$

Die Wassermenge selbst

$$Q = \int_t^0 \frac{R^2 \varphi h}{2} \frac{\tau^2}{t^2} d\tau = \frac{R^2 \varphi}{2} . \frac{th}{3},$$

also der Inhalt der bis zum Aufhören des Regens ausfließenden Pyramide.

Ebenso findet man, x wie in der Figur gerechnet,

$$dQ_1 = \frac{(R + x)\varphi + x\varphi}{2} . th . dx$$

und weil $x = \frac{L\tau}{z}$; $dx = \frac{L d\tau}{z}$

$$\frac{dQ_1}{d\tau} = \frac{L^2 \varphi th}{2} \left(\frac{t + 2\tau}{z^2}\right)$$

und für das Maximum, wo $\tau = z - t$ ist, die Maximal-Wassermenge pro Zeiteinheit

$$\frac{dQ_1}{d\tau} = \frac{L^2 \varphi}{2} . th \left(\frac{2z - t}{z^2}\right),$$

ferner die gesammte Wassermenge:

$$Q_1 = \int_{(z-R)}^0 \frac{\varphi th}{2} (R + 2x) dx$$

$$Q_1 = \frac{\varphi th}{2} (L^2 - RL).$$

Endlich hat man für Q_2 nach der Figur

$$dQ_2 = \frac{L\varphi + (L - x)\varphi}{2} . h\tau dx$$

$$\text{und } x = \frac{R\tau}{t}, \quad dx = \frac{R d\tau}{t},$$

daher

$$dQ_2 = \frac{h\varphi}{2} \left(2Lt - \frac{R\tau^2}{t}\right) \frac{R}{t} d\tau$$

und für $\tau = t$ die Wassermenge pro Zeiteinheit wie oben, wenn solche constant bleibt,

$$\frac{dQ_2}{d\tau} = \frac{h\varphi}{2} (2LR - R^2),$$

welche $= \frac{dQ_1}{d\tau}$ sein muß. Dies ist der Fall, wenn man

berücksichtigt, daß $R = \frac{Lt}{z}$ ist, und dies substituirend, erhält man

$$\frac{dQ}{d\tau} = \frac{L^2\varphi}{2} . ht\left(\frac{2z-t}{z^2}\right).$$

Es ist die Wassermenge

$$Q_2 = \int_t^0 \frac{h\varphi}{2}\left(2L\tau - \frac{R\tau^2}{t}\right)\frac{R}{t}\, d\tau,$$

$$Q_2 = \frac{\varphi ht}{2}\left(LR - \frac{R^2}{3}\right).$$

Die gesammte Wassermenge ist also

$$Q + Q_1 + Q_2 = \frac{\varphi ht}{2}\left(\frac{R^2}{3} + L^2 - RL + RL - \right.$$
$$\left. - \frac{R^2}{3}\right) = \frac{L^2\varphi ht}{2},$$

also wie es sein muß, diejenige Menge, welche auf die Fläche vom Halbmesser L während tstündigen Regens gefallen ist.

Ferner war

$$\frac{dQ}{d\tau} = \frac{R^2\varphi h}{2};\ \frac{dQ_1}{d\tau} = \frac{dQ_2}{d\tau} =$$
$$= \frac{L^2\varphi ht}{2}\left(\frac{2z-t}{z^2}\right)$$

und ist $z = t$, so wird

$$\frac{dQ_1}{d\tau} = \frac{dQ_2}{d\tau} = \frac{L^2\varphi h}{2} = \frac{R^2\varphi h}{2}$$

weil dann auch $L = R$ wird.

Die größte Wassermenge, welche als pro Zeiteinheit zum Durchfluß kommend bei Bestimmung der Wassermenge zu rechnen sein wird, ist also

$$\frac{L^2\varphi}{2} ht\left(\frac{2z-t}{z^2}\right) = Fht\left(\frac{2z-t}{z^2}\right),$$

wenn F das Niederschlagsgebiet bezeichnet, und für $z = t$ wird sie $\frac{L^2\varphi h}{2}$ pro Zeiteinheit, also wenn der Regen so lange dauert, daß der am oberen Rande gefallene Wassertropfen zum Abfluß gelangt ist, fließt, wie es sein muß, pro Zeiteinheit so viel ab, wie pro Zeiteinheit auf die Fläche fällt.

Blohm a. a. O. giebt ein Beispiel, wo in einem halbkreisförmigen Thale von 3 Meilen Halbmesser die Geschwindigkeit des herabfließenden Wassers $v = 1^1/_2$ Fuß ist, so daß also in 14,1 Stunden $z = t$ das Gebiet durchlaufen und das Maximum eingetreten ist. Vergleicht man dieses mit einem parallelogrammförmigen Thal von 0,6 Meilen Breite, so wird bei gleicher Fläche F beider Thäler die Länge L sein $L = \frac{3^2\pi}{1,2} = 23,55$ Meilen, mithin ist

$$z_1 = 14,1 . \frac{23,55}{3} = 110,685 \text{ Stunden.}$$

Die Wassermengen A und B bei einem $14^1/_2$ stündigen Regen verhalten sich für das halbkreisförmige und das lange Becken wie

$$F . ht\left(\frac{2z-t}{z^2}\right) : Fht\frac{1}{z_1},$$

oder wie

$$\frac{(2z-t)}{z^2} : \frac{1}{z_1}$$

und weil hier $t = z$:

$$A : B = \frac{1}{z} : \frac{1}{z_1} \text{ oder}$$

$$A = \frac{Bz_1}{z} = B . \frac{110,685}{14,1} = B . 7,85,$$

also die halbkreisförmige Schlucht giebt bei der vorausgesetzten Dauer des Regens 7,85 mal so viel an Maximalwassermenge, als die parallelogrammförmige. Letztere würde, wenn der Regen 110,685 Stunden dauerte, ebensoviel wie die halbkreisförmige geben. Dauerte dagegen der Regen nur 6 Stunden $= t_0$, so würde das halbkreisförmige Becken geben

$$Fht_0\left(\frac{2 . 14,1 - 6}{(14,1)^2}\right) = Fht_0 . \frac{22,20}{198,81} = A$$

und das parallelogrammförmige

$$Fht_0 . \frac{1}{110,685} = B,$$

also

$$A : B = \frac{22,20}{198,81} : \frac{1}{110,685},$$

daher

$$A = 12,36\, B,$$

in diesem Falle würde also das Maximum pro Zeiteinheit das 12,36 fache desjenigen des parallelen Beckens betragen.

Wären endlich beide Becken gleich lang gewesen und hätten gleiche Flächen gehabt, also das parallele eine Breite von $\frac{L\pi}{2}$, weil $LB = \frac{L^2\pi}{2}$, daher $B = \frac{L\pi}{2} = = \frac{3 . 3,14}{2} = 4,71$ Meilen, so wäre von beiden bei dem 14,1 Stunde dauernden Regen gleichviel im Maximo abgelaufen, bei einem Regen von 6 Stunden aber hätte man gehabt:

$$A : B = Fh . \frac{t_0(2z - t_0)}{z^2} : Fh\frac{t_0}{z}$$
$$= 6\frac{(2 . 14,1 - 6)}{(14,1)^2} : \frac{6}{14,1} = \frac{133,20}{198,81} : \frac{6}{14,1}$$
$$= 0,670 : 0,425,$$

oder die abfließende Maximal-Wassermenge des halbkreisförmigen Beckens pro Zeiteinheit als constant bleibend ge-

rechnet, wäre das $\frac{670}{425} = 1{,}58$ fache derjenigen des parallelen Beckens gewesen.

Dies Beispiel zeigt also, daß die Form des Beckens wesentlich mit in Frage kommt, so daß, wenn es sich nicht um ähnliche Flächen handelt, die blose Vergleichung der Flächen ihrer Größe nach zu unrichtigen, oft sehr ungenauen Resultaten führen würde.

11) Bestimmung der Weite von Durchlässen.

Man kann die im Eingange gefundene Wassermenge von parallelogrammförmigen Thälern auch ähnlich, wie bei halbkreisförmigen Thälern geschehen, ermitteln.

Sei in Fig. 7 t die Regenzeit und $z+t$ die Zeit, nach welcher von Anbeginn des Regens das Wasser verlaufen ist, so hat man, wenn noch b die mittlere Breite des Thales ist, die während der Zeit $d\tau$ abfließende Wassermenge nach der Figur $dQ = b.h\tau\, dx$, weil bis zu τ Zeit die sich ansammelnden Tropfen am Fuß des Thales, oder an der Abflußstelle die Höhe $h\tau$ erreicht haben. Es ist aber, $x:L = \tau:z$, also $x = \frac{\tau L}{z}$ und $dx = \frac{L}{z}d\tau$ mithin $dQ = \frac{bL}{z}.h\tau\, d\tau$ und die Wassermenge pro Zeiteinheit, wenn sie im Querschnitt bei x constant bliebe,

$$\frac{dQ}{d\tau} = \frac{bL}{h}.h\tau,$$

und pro Maximo nach Verlauf der Zeit t

$$\frac{dQ}{dt} = bLh\frac{t}{z} = bw,$$

wenn w die Maximalwassermenge pro Zeiteinheit für die Breite = Eins bezeichnet.

Dies Quantum wird das größtmögliche, wenn $t=z$ wird; dann ist $bw = bhL$, d. h. wie im Eingange gefunden, die gesammte Wassermenge, welche pro Zeiteinheit gefallen ist, fließt auch in der Zeiteinheit ab und der zuletzt gefallene Regentropfen a ist in a_1 angekommen u. s. w. (Fig. 8.) Die Zeit des ganzen Verlaufes $z+t$ ist dann die doppelte der Regenzeit.

Sind nun a die Weite des Durchlasses, h_1 die Tiefe, auf welche sich das Wasser in dem Durchlasse stellen kann, und v die mittlere Geschwindigkeit, welche zulässig ist, so hat man zu setzen

$$avh_1 = \frac{dQ}{dt} = bLh\frac{t}{z}$$

und es findet sich daher die Durchlaßweite, wenn man, was bei so rohen Ermittelungen erlaubt ist, von Contraction absieht,

$$\text{I.} \quad a = \frac{bLh}{vh_1}.\frac{t}{z} = \frac{Fh}{vh_1}.\frac{t}{z}$$

und für das Maximum, wo $t=z$

$$\text{II.} \quad a = \frac{bLh}{vh_1} = \frac{Fh}{vh_1}.$$

Für den Werth I. kann man auch schreiben, da $bLht$ die ganze gefallene Wassermenge ist, wenn man $bL = F =$ der Niederschlagsfläche und $ht = H =$ der gesammten Niederschlagshöhe setzt

$$a = \frac{FH}{vh_1 z}$$

und endlich erhält man auch für das Maximum, wenn man $T = 2z = 2t$ als die ganze Zeit des Vorganges einführt, also $z = \frac{T}{2}$ setzt,

$$a = \frac{2FH}{T}.\frac{1}{vh_1},$$

welcher Ausdruck, wie wir später anführen werden, bei der Ermittelung der Weite von kleinen Durchlässen an der hannoverschen Südbahn benutzt ist.

Dieselben Resultate wie oben erhält man selbstredend, wenn man die ganzen durchgelassenen Wassermengen vergleicht. Aus dem Werthe

$$dQ = b\frac{L}{z}.h\tau\, d\tau$$

erhält man

$$Q = \frac{bLh}{z}.\frac{\tau^2}{2}$$

und für $\tau = t$ (Fig. 7)

$$Q = bh\frac{L}{z}.\frac{t^2}{2},$$

also die beiden Dreiecke, welche jedes Q vorstellen, $2Q = bhL\frac{t^2}{2}$; ferner ist $Q_1 = bht(L-l)$ und weil

$$L:l = z:t,$$

also $l = \frac{Lt}{z}$, wird

$$Q_1 = bhL\frac{(tz-t^2)}{z}$$

und daher

$$2Q + Q_1 = bhL\left(\frac{tz-t^2+t^2}{z}\right) = bhLt.$$

Für den Durchlaß (Fig. 9) ist, da nach der Voraussetzung die Geschwindigkeit v dieselbe bleiben soll, wenn y die Wassertiefe zur Zeit τ ist, die während $d\tau$ durchfließende Wassermenge $dQ = ay\,dx$ und weil $dx = v\,d\tau$ ist,

$$dQ = ayv\,d\tau,$$

da aber die Wasserhöhe mit der Zeit gleichmäßig wächst, so ist auch

$$y : h_1 = \tau : t \quad \text{also}$$

$$y = h \cdot \frac{\tau}{t}, \quad \text{mithin}$$

$$dQ = a v h_1 \frac{\tau}{t} d\tau \quad \text{also}$$

$$Q = a v h_1 \frac{\tau^2}{2t}$$

und für $\tau = t$ ist

$$Q = a v h_1 \frac{t}{2},$$

also die Wassermenge vor und nach dem Beharrungszustande $2Q = a v h_1 t$ und während des Beharrungszustandes $Q_1 = a v h_1 (z - t)$, daher die gesammte Wassermenge $2Q + Q_1 = a v h_1 (z - t + t)$
$= a v h_1 z$, und deshalb
$bhLt = a v h_1 z$, also

$$a = \frac{bLh}{vh_1} \cdot \frac{t}{z},$$

wie vorhin unter I. gefunden.

Für eine halbkreisförmige Schlucht hat man nach dem Früheren, wenn man ebenfalls $ht = H$ setzt,

$$a = \frac{FH}{h_1 v} \left(\frac{2z - t}{z^2} \right).$$

12) Schwierigkeiten der unmittelbaren Anwendung der obigen Formeln.

Bei dem Versuche, die bisher gefundenen Resultate anwenden zu wollen, stößt man nun auf allerlei Schwierigkeiten, und wenn es sich dabei um Ermittelung absoluter Werthe isolirt liegender Thäler handelt, noch mehr, als bei Vergleichungen zweier nahe gelegenen, in ähnlichen Verhältnissen sich befindender Thäler, von denen eins schon mit einer Brücke versehen ist. Abgesehen von der Schwierigkeit der Zeitbestimmungen t und z, da selten ein Regen im Beginn und beim Aufhören scharf begrenzt ist, kommt auch noch die Schwierigkeit der richtigen Schätzung der Maximalregenhöhe in Frage, welche von vielerlei Bedingungen abhängig ist. Wir wollen in Kürze einige der dabei vorkommenden Umstände erwähnen. —

Zuerst ist die Lage eines Hanges bezüglich der Himmelsgegend von Einfluß. Da der Luftkreis in ununterbrochener Bewegung begriffen ist, so sieht man leicht ein, daß das Wasser nicht da herabfällt, wo es verdunstet, daß im Gegentheil die Verdunstung an einer bestimmten Stelle die Veranlassung zum Regen an einer andern wird.

Im Allgemeinen also ist das bei uns herabkommende Wasser fremden Verdunstungsquellen entlehnt, und da gegen das große Wasserreservoir, welches wir das Meer nennen, alle übrigen Wasserbehälter verschwinden, so ist es hauptsächlich das Meerwasser, welches durch die Verdunstung, für welche die Sonne die Wärme entwickelt, sich bei späterer Abkühlung in Regen verwandelt. Da aber mit dem Abnehmen der Wärme die Fähigkeit der Luft, Wasser zu enthalten, abnimmt, so wird die günstigste Gelegenheit für den Regen geboten sein, wenn Luft, welche über dem Meere der heißen Zone gestanden, über kälteren Boden strömt. Wir haben also nach dem Aequator und zwar wo er flüssig ist, hinzublicken, wenn wir die Quelle suchen, aus welcher der Luftkreis seinen Wassergehalt schöpft. Da aber wegen der Drehung der Erde (und wegen der verringerten Umfangsgeschwindigkeit nach den Polen hin) die Winde, welche von der heißen Zone wehen, immer westlicher werden, je weiter sie fortschreiten, da also Südwestwinde weit herkommende Südwinde sind, so wird die Südwestseite unsere Wetterseite sein; die Regenmenge wird daher vom südwestlichen Deutschland nach dem nordöstlichen hin abnehmen, da die Luft, je weiter sie strömt, desto mehr Wasserdampf verliert, den sie in den wärmeren Gegenden aufnahm. Jedes von Südost nach Nordwest sich erstreckende Gebirge, und dies ist die Hauptrichtung aller deutschen Ketten, verdichtet daher an seiner Südwestseite viel mehr Regen als an der Nordostseite. Dies gilt z. B. besonders für das Riesengebirge, ja sogar für so unbedeutende Höhen wie der Teutoburger Wald, während hingegen das Rheinthal, welches das rheinische Gebirge der Quere nach von Süd nach Nord durchsetzt, auf einer größeren Strecke seines Laufes gleiche Mengen zeigt.*)

Zu den kälteerregenden und daher Niederschlag erzeugenden Ursachen gehören außerdem isolirte Gipfel, z. B. der isolirt aufsteigende Brocken verdichtet den Wasserdampf zu der größten Menge, welche auf ihm und bei Clausthal jährlich an 50 Zoll erreicht, wodurch der von Süden herkommende Vorrath theils erschöpft ist, denn er sinkt an der mecklenburgischen Küste der Ostsee auf der Insel Pöl auf 15″, in Wustrow bis auf 13 Zoll herab. In Braunschweig beträgt aus 4jährigen Beobachtungen die Regenhöhe an 22,1 Zoll, für den Brocken dagegen 55,1″, also $2^1/_2$ mal so viel. Es folgt aus dem Vorhergehenden, daß im Allgemeinen die Regenhöhe mit der Höhe der Orte über der Meeresfläche zunimmt, und daß sie mit der Entfernung vom Meere abnimmt. Bezeichnen wir die jährliche Regenmenge in Petersburg mit 1, so ist die jährliche Regenmenge in den Ebenen von Deutschland 1,2, im Innern von England 1,4, an den Küsten von England 2,1.

Die Beschaffenheit der Oberfläche hat ferner einen großen Einfluß. Ausgedehnte Wälder wirken durch Schattenkühle, Verdunstung und Strahlung Kälte erregend und erzeugen daher Niederschläge.**) Wenn nun, wie es in

*) Dove in der „Statistik des zollvereinten und nördlichen Deutschlands. 1858, 1. Theil.“

**) Humboldt, „Cosmos, I. Theil, S. 344.“

einigen Gegenden Deutschlands, Frankreichs und Amerika's der Fall ist, das Beseitigen von Waldungen die Größe des Niederschlages zwar vermindert, so erleidet doch die Oberfläche dadurch eine große Veränderung, wenn die Gewächse ausgerissen, der Rasen und das Moos*) beseitigt und der Boden umgestochen wird, um ihn cultiviren zu können. Der dann noch fallende Niederschlag, wenn auch im Ganzen etwas geringer als vor der Entwaldung, und wenn auch die Verdunstung stärker ist als vordem, fließt viel rascher ab als vor der Urbarmachung, wo die Wässer aufgehalten und vertheilt wurden durch die Stengel, Blätter und Wurzeln der zahlreichen großen und kleinen Gewächse, und wo die Wässer an der Oberfläche aufgehalten, in die Tiefe sickerten und die Reservoirs der Quellen am Fuße des Berges nährten. Durch das in wenigen Stunden erfolgte Abfließen der Wassermassen, welche sich sonst mittelst der Quellen auf einen längeren Zeitraum vertheilten, wachsen alle Wildbäche und kleineren Gewässer übermäßig an und speisen die größeren Gewässer, in welche sie münden, um so stärker und mehr gleichzeitig. Es vermehrt sich daher die Wassermenge bei Hochwasser, während die bei niedrigen Wasserständen sich verringert, und die Differenz der Hoch- und Niedrig-Wasserstände, also auch die der Wassermengen werden größer und die Schwankungen häufiger.**) Es ist bekannt, daß die großen Ueberschwemmungen in Frankreich mit den ausgedehnten Entwaldungen im Zusammenhange stehen und zum Theil dadurch mit herbeigeführt sind.

Dieser Einfluß kommt auch in mehr ebenem Terrain vor, wo außerdem die Parcellirung und Verkoppelung der Grundstücke, die Herstellung von Begrenzungs- und Abzugsgräben, wo Drainage ꝛc. die Hochwassermenge der Flüsse und Ströme vergrößern und ungleichmäßigere Speisung herbeiführen, weil das Wasser zu regnigten Zeiten rascher abgeführt wird.***) Durch die Bodencultur wird auch oft das Zurückhalten des Wassers in Niederungen, aus denen es sonst langsam abfließt, vermindert, und durch etwaige Eindeichungen werden die Ueberschwemmungsbassins eingeschränkt. Außerdem vermehren sich die in den Fluß gelangenden Sinkstoffe und höhen, wenn auch langsam, das Bett des Flusses auf. Endlich hängt es auch von der Beschaffenheit des Untergrundes ab, ob er mehr oder weniger von dem auf ihn gefallenen Regen einsaugt, wobei z. B. Sandboden und Thonboden oder dichter Felsboden Gegensätze sind.

*) „Ueber die Bedeutung der Moose für die Wasservertheilung auf der Erdoberfläche", von Gerwig. Förster's Bauzeitg 1862, S. 117.

**) „Ueber die Eindämmung fließender Gewässer" von Buvis, übersetzt von Müller. Wien 1847, Gerold.

***) Vergl. „Ueber den Einfluß der Entwaldungen und Landes-Meliorationen auf die Schiffbarkeit der Ströme" von P. Gräve. Berlin. Bauzeitg. 1863. Heft 4—6, S. 285.

Für die größeren Flüsse und Ströme ist, was das jährlich abgeführte Wasserquantum anbetrifft, die Menge des Niederschlags nach Abzug der Verdunstung zwar maaßgebend, was aber die Hochwasserstände anbetrifft, so kommt es auf die Vertheilung des Niederschlages auf die einzelnen Zeiten des Jahres an, wozu dann noch die Größe der Neigung des Terrains, und wie aus dem Früheren hervorgeht, die Dauer des Regens kommen. Je kleiner die Gewässer sind, um so mehr wird der Einfluß einzelner starker Schauer in Frage kommen und um so plötzlicher und häufiger wird ein Anschwellen stattfinden. Die Angabe der jährlichen Regenmenge kann daher für diese Zwecke bei kleineren Gebieten wenig benutzt werden, während die Kenntniß einzelner starker Regen von mehr Interesse ist. So z. B. haben Marseille und Paris jährlich etwa gleich viel Regenhöhe*) ersteres 0,56 und Paris 0,53 Meter, doch ist das Klima außerordentlich verschieden, da in Paris etwa 3 mal so viel Regentage vorkommen.

Noch erheblicher gestaltet sich der Unterschied zwischen durchschnittlicher und Maximalwassermenge in den Tropen. In dem nördlichen Theile von Südamerika**) beginnen mit Ende März die Gewitter und bilden sich Nachmittags, wenn die Hitze am größten ist, von heftigen Regengüssen begleitet. Gegen Ende April fängt die nasse Jahreszeit an, der Himmel überzieht sich mit einem gleichförmigen Grau und es regnet täglich von 9 Uhr Morgens bis 4 Uhr Nachmittags; des Nachts ist der Himmel gewöhnlich rein. Allmälig wird die Zeit, wo es täglich regnet, immer kürzer und zuletzt regnet es nur noch des Nachmittags. Die Dauer der Regenzeit beträgt in verschiedenen Gegenden 3 bis 5 Monate.

Ebenso finden sich in Ostindien anormale Regenverhältnisse, und obgleich die jährliche Regenmenge nicht groß, kommen doch in der Regenzeit starke Schauer vor. Der Jumna-Fluß in Ostindien***) hat bei gewöhnlichem Wasserstande eine Geschwindigkeit von $3^2/_3$ Fuß, bei großem Hochwasser aber 15 Fuß. In der Zeit von November bis Mai ist der Wasserstand niedrig; der Wasserwechsel zwischen hoch und niedrig beträgt aber etwa 45 Fuß, bei außergewöhnlichen Hochwasserständen im Jahre 1838 und 1861 sogar $51^1/_2$ Fuß, und es findet das Hochwasser nur ein Mal im Jahre statt. Andere Flüsse in Britisch-Indien, welche von dem Ghaut-Gebirge entspringen, sollen noch größere Differenzen zwischen hoch und niedrig Wasser, bis zu 70 Fuß, zeigen; der Mhye-Fluß, in welchen sich vom Ghaut-

*) Annales du conservatoire impérial des arts et métiers. 1854. Octobre, pag. 254. Pluvioskope von Mangon.

**) Pouillet Müller, Physik und Meteorologie.

***) Berliner Bauzeitung 1854, S. 585; auch Humber, on iron bridges.

Gebirge kommende reißende Bäche ergießen, schwillt häufig 30—40 Fuß in einer Nacht an.*)

Der jeweilige Stand des Wassers in einem Flusse oder Strome ist immer durch die Menge des in seinem Gebiete gefallenen Niederschlags nach Abzug der Verdunstung, welche wieder von der Temperatur abhängig ist, bedingt. Bei der Veränderung des Wasserstandes kommt es aber sehr darauf an, ob der Niederschlag als Regen oder Schnee herabkam. In den Gegenden, wo der Niederschlag vorwiegend in Form von Regen bekannt ist, ist die Aenderung des Wasserstandes der Flüsse dem Niederschlage proportional. Der als Schnee herabfallende Niederschlag trägt aber erst dann zur Erhöhung des Wassers im Flußbette bei, wenn er geschmolzen ist. Verfließt bis dahin, daß Letzteres geschieht, längere oder kürzere Zeit, so wird auch die Zeit, welche zwischen dem Niederschlage und der durch ihn verursachten Erhöhung des Wasserstandes im Strome liegt, kürzer oder länger sein. Da z. B. in den Hochalpen die mittlere Jahrestemperatur im Winterhalbjahre von Oktober bis April unter dem Gefrierpunkte verharrt, so bleibt der während dieser Zeit herabkommende, höchst bedeutende Niederschlag in der Regel an der Stelle liegen, wo er herabfiel, und trägt, auch wenn er noch so ergiebig ist, nichts oder wenig zur Erhöhung des periodischen Wasserstandes der Flüsse bei; letzteres ist erst dann der Fall, wenn er tropfbar flüssig wird. In solchen Fällen ist also von der Temperatur die Veränderung des Wasserstandes des Stromes in viel größerem Maße abhängig als von der Menge des Niederschlages, wie Prestel in dem unten citirten Aufsatze nachweist. Die Aenderung des Wasserstandes im Oberlauf des Rheins ist danach von dem Gange der Temperatur in den höheren Alpenregionen abhängig und diesem genau proportional. Im Mittel- und Unterlaufe des Rheins muß die jährliche periodische Aenderung des Wasserstandes immer mehr von der Größe des als Regen fallenden Niederschlages nach Abzug der Verdunstung abhängig sein und zuletzt damit übereinstimmen. Das Uebergewicht nämlich, welches das Gletscherwasser über das aus dem Niederschlage, welcher in Regenform erfolgt, am Fuße der Alpen hat, wird weiter abwärts mit jedem in den Rhein mündenden wasserreichen Nebenflusse immer mehr herabgedrückt.**)

Bei kleineren Gewässern in gebirgigen Gegenden, wo große Anhäufungen von Schnee auf den Hängen stattfinden, wird daher meistens bei raschem Schmelzen des Schnees die größte Wassermenge erfolgen, am meisten bekanntlich dann, wenn die Temperatur sich plötzlich ändert und zugleich Regen fällt, welcher das Aufweichen des Schnee's begünstigt. Am 15. November 1864 fanden in der päpstlichen Delegation Viterbo, in Umbrien, Toscana und Lucca durch Wasser erhebliche Verwüstungen statt, am meisten in der Umgegend des Thales der Lima. Die Ursache hiervon war, daß schon Ende September die Apenninen entlang hoher Schnee gefallen war, welcher durch den plötzlich eintretenden Sirocco rasch geschmolzen war und eine heftige Anschwellung der Gießbäche und Flüsse zur Folge hatte, welche Wege und Brücken in großer Ausdehnung zerstörte.

Während bei einem Bache, wo sich die Niederschläge unmittelbar sammeln, und welcher durch keine eigentlichen Quellen gespeist wird, eine Veränderlichkeit des Abflußquantums entsprechend der Witterung sich zeigt und derselbe bei starken Regengüssen und Schmelzen des Schnee's heftig anschwillt, schnell wieder versiegt und trocken wird, besonders im Gebirge, wo der feste undurchdringliche Boden keine Gelegenheit zum Einsickern und nachhaltigem Speisen durch Quellen giebt, sind bekanntlich die Vorkommnisse bei großen Flüssen anders. Sobald der Weg, den das Wasser zu durchlaufen hat, an Ausdehnung gewinnt, findet eine gewisse Ausgleichung statt, indem die Fluthwelle nicht nur das eigentliche Bette, sondern auch die Niederungen zur Seite füllen muß; indem nun die letzteren das aufgesammelte Wasser wieder dem Flusse zuweisen, so dehnt sich die Dauer der Anschwellung um so länger aus, je weiter der Weg ist, den sie zurücklegt.*)

Die Verdunstung beträgt oft in wenigen Sommermonaten mehr als der Niederschlag, während in anderen Monaten der Niederschlag überwiegt; im Mittel während des ganzen Jahres gelangen wegen der Verdunstung, je nach der Beschaffenheit des Terrains nur 30 bis 75% des Niederschlages zum Ablaufe entweder direct oder durch Quellen. Bei der Ermittelung des Hochwassers kleiner Gewässer aus dem Niederschlage kommt indessen die Verdunstung, weil das Hochwasser sehr rasch erfolgt, nicht nennenswerth in Frage, und das Einsickern in den Boden dann am wenigsten, wenn das Hochwasser in Folge Aufthauens von Schnee erfolgt, wo der Boden meistens hart gefroren ist. Bei größeren Gewässern aber hat man meistens andere Daten, als die aus der Größe des Niederschlages zu entnehmenden, welch ersteren sicherer zur Bestimmung des Hochwassers resp. der Brückenweite führen, obgleich man immerhin das Niederschlagsgebiet zur Controle benutzen kann.

*) Civil-Engineer and Architects Journal 1863, pag. 39. Bombay, Baroda and Central Indian Railway. Colonel Kennedy's System of construction for iron bridges.

**) Prestel, „die Aenderung des Wasserstandes der Flüsse und Ströme in der jährlichen Periode, als der jährlichen periodischen Zu- und Abnahme des atmosphärischen Niederschlages und der Verdunstung genau entsprechend an Beobachtungen nachgewiesen“. (Zeitschrift des Architekten- u. Ingenieur-Vereins für das Königreich Hannover, Band I. 1864. Seite 411.)

*) Vergl. Hagen, „Wasserbau, II. Theil, verschiedene Wasserstände“.

Um nun der Bestimmung der Wassermenge kleiner Bäche und Niederungen näher zu kommen, kann man im Allgemeinen annehmen, daß die stärksten Regen auch nur meistens kürzere Zeit währen und sich auf einen kleineren Rayon vertheilen. Sie sind daher auch, wenn man nicht Ursache hat, nach der Lage des Baches das Schmelzen von Schnee als maaßgebend vorauszusetzen, für die Wassermenge von kleineren Bächen bestimmend.

Als Beispiele von starken Regenfällen dient z. B.; daß in Catskill am Hudson im Staate New-York am 26. Juli 1819 in $7^1/_2$ Stunden 18″ engl. Regen gefallen sein sollen oder pro Stunde 2,252 Pariser Zoll, in Gibraltar in 25 Stunden im November 1826 33″ engl. oder pro Stunde 1,19 Par. Zoll; in Montpellier am 28. September 1857 in 6 Stunden 4,8 Par. Zoll, oder pro Stunde 0,8 Par. Zoll; in Paris sollen in einer Stunde $1^3/_4$ Par. Zoll vorgekommen sein, in Salzwedel in der Altmark am 18. August 1862 bei einem wolkenbruchartigen Gewitter in $2^3/_4$ Stunden 2,8925 Par. Zoll, oder 1,0518″ pro Stunde, in der Havana am 18. Juli 1854 in $2^1/_2$ Stunden 2,64 Par. Zoll, oder pro Stunde 1,0565 Par. Zoll und in Cayenne in 10 Stunden 280 Millimeter oder pro Stunde 1,034 Par. Zoll; in Wandsworth, 12. Mai 1859 in 2 Stunden 2,17 Zoll, in Gloucester am 5. Juni 1859 in $1^1/_2$ Stunden 1,6 Zoll.

Aus diesen Angaben ergiebt sich, daß in nördlichen Gegenden in einzelnen Fällen eben so bedeutende Niederschläge stattfinden wie in den südlichen Theilen von Europa, ja selbst in tropischen Gegenden.

Für derartige Fälle wird man indessen kaum Brückenweiten zu dimensioniren haben und es würde nicht ökonomisch sein, da diese Fälle selten, oft in langen Jahren nicht vorkommen, deshalb größere Kosten auf Bauwerke zu verwenden, weil man mit den Zinsen des Mehrcapitals in gewissen Zeiten die etwa weggerissenen Brücken würde wieder neu bauen und sonstige Nachtheile damit entschädigen können. Man wird daher einen mittleren Werth des Niederschlages zu Grunde legen und übrigens die zulässige Geschwindigkeit des Wassers in der Brücke für dies gewöhnliche Hochwasser nicht zu groß nehmen. — In außerordentlichen Fällen wird dann die Brücke meistens noch im Stande sein, ohne Gefahr für ihren Bestand das Wasser mit größerer Geschwindigkeit durchzulassen, zumal solche außerordentliche Anschwellungen in Folge von Wolkenbrüchen ꝛc. nur kurze Zeit zu währen pflegen.

13) Praktische Annahmen, welche zur Ermittelung der Weite von Durchlässen gedient haben.

Die Schwierigkeit und oft die Unmöglichkeit der Beobachtung in einzelnen Fällen, weil zur Zeit, wo man Durchlaßweiten zu bestimmen hat, oft keine Regenfälle vorkommen, hat zu vereinfachten Voraussetzungen geführt, welche freilich, wie nach dem Vorhergehenden beurtheilt werden kann, immer nur ungenaue Resultate geben müssen. Indessen hat man sich, wo weiter keine Anhaltepunkte, z. B. ausgeführte Brücken ꝛc. vorhanden waren, damit begnügen müssen und die so bestimmten Weiten haben in den meisten Fällen, weil die angenommene zulässige Geschwindigkeit im Durchlaß nur klein war, ausgereicht.

Bedient man sich der Formel

$$a = \frac{2FH}{T} \cdot \frac{1}{vh_1},$$

wie es bei der Bestimmung der Brückenweiten in der hannoverschen Südbahn geschehen ist, so hat man angenommen, daß $T = 2z = 2t$ ist, und daß also das Maximum stattfand, indem man $t = z$ voraussetzte. Man ist dann bei dieser Annahme nach dem Früheren von der Form des Niederschlagsgebietes unabhängig, und begeht durch diese Voraussetzung unter Umständen freilich alle vorhin erwähnten Ungenauigkeiten. — Man hat ferner die Voraussetzung gemacht, daß die gesammte in Rechnung zu bringende Regenhöhe während der Zeit $t = ht = H$, welche während T zum Abfluß gelangte, für eine bestimmte Gegend constant und zwar $= 1{,}66$ Zoll hann. $=$ $= {}^{10}/_{72}$ Fuß $= \frac{10}{246{,}5}$ Meter $= H$ sei, so daß also der Regenfall h pro Zeiteinheit um so kleiner angenommen ist, je länger der Regen währt. Drückt man nun F in Quadratmetern, T in Stunden, v in Metern pro Secunde und a und h_1 in Metern aus, so erhält man

$$a = \frac{2F\,\frac{10}{246{,}5}}{T.60.60} \cdot \frac{1}{vh_1},$$

$$\text{also} \quad avh_1 = \frac{F}{44370\,T},$$

wonach man also die Zeit T für eine Fläche F wird beobachten müssen.

Für den Fall, daß man bei durch die Bahn abgeschnittenen Niederungen, welche für gewöhnlich trocken sind, keine Beobachtungen über T machen konnte, ist man in den Annahmen auf noch weniger Anhaltepunkte beschränkt gewesen. Man hat nach einigen Beobachtungen die folgenden Voraussetzungen für die in Frage kommende Gegend gemacht, daß nämlich Niederungen von dem angegebenen Quadratinhalte F in Quadratmetern in der angegebenen Zeit T in Stunden entwässern müßten:

F*) =	653616	871488	1089360	1307232	1525204	1742976	1960848	Quadratmeter
T =	12	14	16	18	20	22	24	Stunden.

*) Daß die Quadratmeter nicht abgerundet angegeben sind, rührt daher, daß die Annahmen früher sich auf hannoversche Maaße bezogen.

Diese Zahlen lassen sich annähernd motiviren, wenn man, was höchstens für eine bestimmte Gegend annähernd zulässig sein mag, ein gleiches Gefälle der Niederungen und ähnliche Grundrißformen voraussetzt. Nimmt man z. B. die Länge L gleich der 4fachen Breite an, so ist also $F = 4B^2$ und man erhält, wenn man $t = \frac{T}{2} =$ 6 Stunden für 653616 Quadratmeter annimmt:

F =	653616	871488	1089360	1307232	1525204	1742976	1960848	Quadratmeter,
L =	1616	1878	2088	2286	2470	2640	2802	Meter,
B =	404	469,5	522	571,5	617,5	660	700,5	Meter,
t =	6	7	7,76	8,49	9,34	0,97	10,39	Stunden,

so daß also oben die Geschwindigkeit in den größeren Niederungen etwas geringer als in den kleineren angenommen wurde.

Setzt man die obigen Werthe in die Formel

$$a v h_1 = \frac{F}{44370\,T}$$

als abzuführende Wassermenge pro Secunde, so erhält man

F =	653616	871488	1089360	1307232	1525204	1742976	1960848	Quadratmeter,

Cubikmeter pro Secunde und pro Quadratmeter Fläche abzuführen

$$\frac{1}{532440} \quad \frac{1}{621180} \quad \frac{1}{709920} \quad \frac{1}{802660} \quad \frac{1}{887400} \quad \frac{1}{9761400} \quad \frac{1}{1064880} \text{ Cubikmeter.}$$

Zur Bestimmung von Brückenweiten mußten nun nach dem Obigen noch einige sachgemäße Voraussetzungen gemacht werden, welche mit Benutzung der vorher gefundenen die erforderlichen Grundlagen für ein Beispiel geben können.

1) Das Maximum der Höhe und Weite für einen Durchlaß ist zu resp. 0,877 und 0,585 Meter festgestellt. Es empfiehlt sich außerdem, die Anfänger der Bögen bei massiven Brücken oder die Unterkante der Träger bei eisernen Brücken wenigstens 0,3 Meter über den angenommenen höchsten Wasserstand zu legen, obgleich dies bei massiven Brücken nicht durchaus nothwendig und es in einzelnen Fällen erlaubt sein kann, daß die Oeffnungen ganz untergetaucht sind, sofern nur das Material des Gewölbes dies zuläßt, also wasser- und frostbeständig ist.

2) Für den Wasserzufluß nach dem Durchlaß wie für den Wasserabfluß nach dem Recipienten zu muß dafür Sorge getragen werden, daß das Wasser nach dem Durchlasse, wie auch von dem Durchlasse nach dem Recipienten (also z. B. dem Bach, in welchen hinein die Entwässerung mittelst eines besonderen Grabens, oder auch mittelst des Bahngrabens geschieht) unschädlich für den Grundbesitz geführt werden könne.

3) Die Geschwindigkeit des Wassers der anzulegenden Schläuche, welche das Wasser einer Niederung aufnehmen, oder der Bäche selbst, welche durch die Bahn geführt werden, wird der Sicherheit halber unter gewöhnlichen Umständen zu nur 0,585 bis 1,00 Meter angenommen. — Bei festem Boden in der Sohle kann sie ausnahmsweise auch größer angenommen werden. Ist die Geschwindigkeit des ankommenden Wassers wegen des Gefälles des Baches an sich schon größer, so wird also die Brückenweite um so eher genügen, ist sie kleiner, so wird vor der Brücke ein Stau entstehen, den man genau genug angeben kann. Die Bahngräben müssen dann das erforderliche Gefälle haben, damit die nach Maaßgabe ihres Querschnittes und der Wassermenge nöthige Geschwindigkeit zum Abführen des ermittelten Wasserquantums eintrete. Dieses Gefälle kann z. B. nach der Eytelwein'schen oder Bazin'schen Formel ermittelt werden. Ist dasselbe, wie durch die Rechnung gefunden, auf dem Terrain aus irgend Gründen (größere Erdarbeiten wegen weniger Gefälle des Terrains, oder auch das Terrain hat mehr Gefälle) nicht herzustellen, so wird man einen größeren oder kleineren Querschnitt des Grabens den Terrainverhältnissen entsprechend herstellen, den man nach der Formel von Bazin ebenfalls berechnen kann.

Beispiele. Das Niederschlagsgebiet der Gleene in der 2. Inspection der hannoverschen Südbahn beträgt nach der Papen'schen Karte 28087427 Quadratmeter und die Fluthdauer der Gleene bei starkem Regen oder Schneeweichen T ist zu 18 Stunden beobachtet. Es ist also die pro Secunde im Maximo abzuführende Wassermenge

$$a v h_1 = \frac{F}{44370 \,.\, T} = \frac{28087427}{44370 \,.\, 18} = 34{,}98 \text{ Cubikmet.},$$

wozu noch die gewöhnlich wegen der continuirlichen Speisung durch Quellen abfließende Wassermenge zu fügen ist, so daß die ganze Wassermenge etwa 37,4 Cubikmeter betragen mag. Es ist nach vorgenommenen Ermittelungen anzunehmen, daß beim Uebergangspunkte der Bahn sich die Gleene 1,756 Meter über ihre Sohle stellt und nach dem ermittelten Gefälle darf man annehmen, daß sich die Geschwindigkeit auf etwa wenigstens 1,01 Meter stellen werde. Man hat also

$$a v h_1 = 37{,}4 = a \,.\, 1{,}01 \,.\, 1{,}756, \text{ also}$$

$$a = \frac{37{,}4}{1{,}01 \,.\, 1{,}756} = 21{,}1 \text{ Meter}$$

als Durchflußweite für diese Brücke.

Würde die Brücke nun z. B. bei Hochwasser im Rückstau eines größeren Gewässers (der Leine), wohinein die **Gleene mündet**, zu liegen kommen, so daß zur Zeit des **Hochwassers** die Inundation bis zur Gleene-Brücke reichte, **so würde**, wenn unterhalb der Brücke die Geschwindigkeit **in der Richtung** der Gleene gleich Null ist, ein Stau von $h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(1{,}01)^2}{2.9{,}81} = 0{,}052$ Meter oberhalb der Brücke **genügen**, um diese Geschwindigkeit hervorzubringen, so daß **dann** die Tiefe vor der Brücke $= h + h_1 = 1{,}808$ Meter **etwa betragen** würde.

Um hier noch einen Vergleich mit einer halbkreisförmigen Schlucht zu machen, sei deren Fläche 28087427 Quadratmeter, dann ist der Halbmesser $L = 4189{,}4$ Meter. **Regnet es** z. B. 6 Stunden lang $= t$, ist ferner $z = 12$ Stunden und ist $h t = H = \frac{100}{2465}$ Meter, wie früher **angenommen**, ferner $h_1 = 1{,}756$ Meter und $v = 1{,}01$ Meter, **so hat** man nach dem Früheren

$$a = \frac{FH}{h_1 v} \cdot \frac{(2z - t)}{z^2},$$

wenn Alles in Metern

$$a = \frac{28087427 \cdot \frac{100}{2465}}{1{,}756 \cdot 1{,}01 \cdot 60 \cdot 60} \cdot \frac{(24-6)}{144} = 22{,}15 \text{ Meter.}$$

Fällt aber, wie bei der Gleene vorausgesetzt, dieselbe **Wassermenge** in 9 Stunden $= \frac{T}{2}$, ist also $z = t$, so **erhält** man

$$a = \frac{FH}{h_1 v} \cdot \frac{1}{t}$$

$$a = \frac{2FH}{T} \cdot \frac{1}{v h_1} = 19{,}7 \text{ Meter,}$$

also dieselbe Formel wie für das parallelförmige Becken **gefunden**, weshalb, wenn man statt der früher gefundenen 34,98 Cubikmeter nun 37,4 Cubikmeter, wie bei der Gleene **geschehen**, setzt, als Weite erhält

$$\frac{37{,}4 \cdot 19{,}7}{34{,}98} = 21{,}1 \text{ Meter,}$$

wie oben gefunden. Unter der Voraussetzung, daß also die **Regenzeit** gleich der halben Zeit des ganzen Verlaufes, fällt, **wie früher** nachgewiesen, der Einfluß der Form der Schlucht **fort**, und nur die Größe der Fläche ist bei gleicher Höhe **des** Niederschlages und bei gleicher Abflußzeit entscheidend.

Beispiel 2. Die Gande hat ein Niederschlagsgebiet **von** $F = 119697519$ Quadratmeter und die ganze Abflußzeit bei Anschwellungen während starken Regens beträgt **30 Stunden**. Man hat daher für die Wassermenge pro Secunde

$$\frac{F}{44370\,T} = \frac{119697519}{44370 \cdot 30} = 89{,}02 \text{ Cubikmeter.}$$

Diese Wassermenge kann man mit der aus anderen Daten ermittelten vergleichen. Man hat nämlich folgende Daten und Maaße ermitteln können.

Das Profil der Inundation ist, obgleich sich der Bachschlauch in der Breite an vielen Stellen verschiebt, etwa das in Fig. 10 angegebene. Der Querschnitt des Hauptschlauches ist $a = 17{,}1$ Quadratmeter, der Perimeter $= p = 9{,}84$ Meter, das ermittelte Gefälle bei Hochwasser $\frac{h}{l} = \frac{1}{440}$ in genügender Länge oberhalb und unterhalb der Brückenbaustelle. Die Geschwindigkeit bei Hochwasser ist nicht bekannt geworden. Für die seitwärts gelegenen Inundationsprofile ist $a = 25{,}1$ Quadratmeter, $p = 28{,}8$ Meter, $\frac{h}{l} = \frac{1}{440}$.

Bazin*) giebt für die Bewegung des Wassers in Wasserläufen von Erdwänden und natürlichem Boden eine ähnliche Formel, wie die bekannte Eytelwein'sche, nur daß er den Einfluß der Tiefe berücksichtigt,

$$\frac{a}{p} \cdot \frac{h}{l} = 0{,}00028 \left(1 + \frac{1{,}25}{t}\right) v^2, \text{**)}$$

worin t die Tiefe bedeutet. Diese Formel soll etwas genauere Resultate geben als die Eytelwein'sche, welche nicht die Tiefe, sondern nur Querschnitt und Perimeter berücksichtigt.

Für den Flußschlauch, welchen man wegen der verschiedenen Tiefe vom Inundationsgebiet getrennt behandeln muß, erhält man, weil $t = 2{,}93$

$$v = \sqrt{\frac{17{,}1}{9{,}84} \cdot \frac{1}{440} \cdot \frac{1}{0{,}00028\left(1 + \frac{1{,}25}{2{,}93}\right)}}$$

$$v = 3{,}14 \text{ Meter,}$$

und für das inundirte Terrain, wo $t = 0{,}936$

$$v = \sqrt{\frac{25{,}1}{28{,}8} \cdot \frac{1}{440} \cdot \frac{1}{0{,}00028\left(1 + \frac{1{,}25}{0{,}936}\right)}}$$

$$v = 1{,}757 \text{ Meter.}$$

Die Wassermenge ist also

im Flußschlauch $= 17{,}1 \cdot 3{,}14 = 57{,}2$ Cubikmeter,
in der Inundation $= 25{,}1 \cdot 1{,}757 = 44{,}1$ „
zusammen 101,3 Cubikmeter.

Die Uebereinstimmung mit der auf andere Weise gefundenen Wassermenge ist so genau, wie man sie unter den

*) Comptes rendus, 1864.

**) Schreibt man $v = k\sqrt{\frac{ah}{pl}}$, so erhält man für

t =	1/3	2/3	1	4/3	5/3	2	7/3	8/3	3 Met.
k =	27,44	35,32	39,86	43,05	45,20	46,92	48,28	49,32	50,40 „

Voraussetzungen verlangen kann und wohl mehr zufällig. Bei dem unregelmäßigen Boden des Baches ist die Wassermenge jedenfalls sehr reichlich, weshalb man etwa 85 Cubikmeter als zutreffend wird setzen können.

Die zulässige Geschwindigkeit unter der Brücke hängt nun von der Beschaffenheit des Bodens an der Brückenstelle ab. Nimmt man zur Sicherheit statt 3,14 Meter nur etwa 2,05 Meter Geschwindigkeit an, wobei man dann die Contraction vernachlässigen kann, so erhält man also das nothwendige Durchschnittsprofil $= \frac{85}{2{,}05} = 41{,}5$ Quadr.-Meter.

Für den Bachschlauch hat man 17,1 Quadratmeter, bleiben also für die Profile zu beiden Seiten 24,4 Quadratmeter. Gräbt man nun auf eine hinlängliche Länge oberhalb und unterhalb der Brücke z. B. 150 Meter zu jeder Seite in das Inundationsterrain verlaufend dasselbe bis auf 1,75 Meter Tiefe ab, so hat man für die Weite der Brücke über die 5,85 Meter des Bachschlauches hinaus $1{,}75\,x = 24{,}4$, also $x = 13{,}93$ Meter, wenn die Geschwindigkeit hier dieselbe wie im Bachschlauche wäre (Fig. 11). Nach der Formel von Bazin verhält sich aber die Geschwindigkeit im Bachschlauche zu der in der Abgrabung, da das sich herstellende Gefälle in beiden dasselbe ist, wie

$$\sqrt{\frac{17{,}1}{9{,}84}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\left(1+\frac{1{,}25}{2{,}93}\right)}} : \sqrt{\frac{24{,}4}{17{,}43}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\left(1+\frac{1{,}25}{1{,}75}\right)}} = 1{,}106 : 0{,}915,$$

also ist die Geschwindigkeit in der Abgrabung, wenn die im Schlauch $= 2{,}05$ Meter ist, $= \frac{915}{1106} \cdot 2{,}05 = 1{,}7$ Meter, mithin kommt man der Wahrheit näher, wenn man die Abgrabung auf $\frac{2{,}05 \,.\, 13{,}93}{1{,}7} = 16{,}8$ Meter Breite, wofür rund 17 Meter gesetzt werden können, annimmt.

Das Profil unter der Brücke würde demnach die in Fig. 12 angegebenen Dimensionen erhalten.

Selbstredend gilt diese Ermittelung und gelten die Maaße des Profils auch, wenn der Bachschlauch, was meistens der Fall, nicht in der Mitte des inundirten Thales, sondern dem einen (concaven) Ufer näher liegt. Wenn Pfeiler vorkommen, muß selbstverständlich die lichte Durchflußweite dieselbe bleiben. Für Contraction wird man, da diese Rechnungen kaum mehr als bloße Schätzungen sind, kaum etwas hinzuzusetzen brauchen. Will man dies, so kann man für jede Oeffnung 8 — 10 Procent Lichtweite mehr annehmen. Die Verringerung der Geschwindigkeit wird eine Senkung des Wasserspiegels an der Brückenbaustelle zur Folge haben, die sich a priori kaum genau angeben läßt, und es wird eine Tendenz zum Verschlammen der Abgrabung sich einstellen, worauf sich die Geschwindigkeit vergrößern und der Wasserstand wieder etwas heben würde, wenn die Abgrabung nicht von Zeit zu Zeit aufgeräumt wird.

Beispiel 3. Eine Niederung bei Stat. 755 ist 857623 Quadratmeter groß, $T = 14$ Stunden, die Tiefe im Abzugsgraben h_1 wird $= 0{,}585$ Meter, die zulässige Geschwindigkeit $v = 0{,}73$ Meter angenommen. Man hat für die Weite

$$a = \frac{F}{44370\,T} \cdot \frac{1}{v\,h_1} = \frac{857623}{44370 \,.\, 14} \cdot \frac{1}{0{,}73 \,.\, 0{,}585} = 3{,}25 \text{ Meter.}$$

Die größte Wassermenge ist also $3{,}25 \,.\, 0{,}585 \,.\, 0{,}73 = 1{,}386$ Cubikmeter pro Secunde. Eine nahgelegene vorhandene Brücke ist 2,84 Meter weit und die vorliegende ist 3,2 Meter weit gemacht.

Beispiel 4. Eine Niederung in Stat. 712 hat 428811 Quadratmeter Fläche, T ist zu 12 Stunden angenommen, $v = 0{,}73$ Meter, $h_1 = 0{,}585$ Meter,

$$a = \frac{428811}{44370 \,.\, 12} \cdot \frac{1}{0{,}73 \,.\, 0{,}585} = 1{,}89 \text{ Meter,}$$

und die größte Wassermenge $= 1{,}89 \,.\, 0{,}73 \,.\, 0{,}585 = 0{,}808$ Cubikmeter pro Secunde.

Beispiel 5. Für den Edesheimer Bach in Stat. 721 + 7 hat man folgende Daten $F = 5788958$ Quadratmeter, $T = 30$ Stunden, und nach der Beschaffenheit des Ufers kann sein $h_1 = 1{,}17$ Meter, und v wird zu 0,878 Meter zulässig angenommen, dann ist

$$a = \frac{5788958}{44370 \,.\, 30} \cdot \frac{1}{1{,}17 \,.\, 0{,}878} = 4{,}25 \text{ Meter,}$$

und die größte Wassermenge $= 4{,}25 \,.\, 1{,}17 \,.\, 0{,}878 = 4{,}36$ Cub.-Meter pro Secunde. Wäre die gewöhnliche bekannt und erheblich genug gewesen, so hätte man die Weite der Brücke entsprechend dem Verhältniß der Summe der gewöhnlichen und der größten Wassermenge, zu der größten oben ermittelten, vergrößern müssen. Man hat 4,38 Meter Weite genommen.

Beispiel 6. Für den Engelsbach in der Harburg-Lehrter Bahn ist nach Angaben von Blohm $F = 13072320$ Quadratmeter, $T = 36$ Stunden; ferner kann man annehmen $h_1 = 1{,}46$ Meter und $v = 0{,}877$ Meter. Dann ist

$$a = \frac{13072320}{44370 \,.\, 36} \cdot \frac{1}{1{,}46 \,.\, 0{,}877} = 6{,}41 \text{ Meter,}$$

und die größte Wassermenge ist $6{,}41 \,.\, 1{,}46 \,.\, 0{,}877 = 8{,}2$ Cub.-Meter pro Secunde, während Blohm nach anderen Ermittelungen 8,00 Cubikmeter findet. Diese große Uebereinstimmung ist selbstredend nur zufällig.

14) Zu ermittelnde Daten bei Bestimmung der Durchflußweite.

Für die Bestimmung der Durchflußweite kleinerer Gewässer, Bäche etc. wird man nach dem Vorhergehenden etwa die folgenden Vorarbeiten machen, um die erforderlichen Daten zu erhalten.

Die der Durchschnittslinie der projectirten Straße oder Eisenbahn zunächst gelegenen Brücken sind für den neuen Durchlaß in der Straße oder Bahn maaßgebend, vorausgesetzt daß sie das Hochwasser gehörig abgeführt haben, daß der Abhang des Baches an dieser Stelle mit dem Abhange an der neuen Stelle übereinstimme, und daß, falls die Brücke weiter unterhalb zu liegen kommt, der Hochwasserstand des Recipienten (Flusses etc.), wohinein der Bach mündet, keinen Rückstau erzeugt, der das Gefälle des Baches verändert und verringert. Die Wassermenge, welche zwischen zwei Brücken, die nicht sehr entfernt sind, z. B. für die unterhalb liegende hinzukommt, ist in manchen Fällen ohne große Schwierigkeit genau genug zu schätzen, und große Fehler bei Bestimmung von Brückenweiten sind, wenn in der Nähe Brücken vorhanden sind, kaum zu begehen.

Für die Bestimmung der Durchflußweiten der Sturzbäche, die zu Zeiten fast trocken sind, jedoch bei Schneeweichen und starken Gewittern viel Wasser führen, muß das Querprofil des Sturzbaches ausgemessen und die Höhe der Anfüllung mit Wasser thunlichst genau erkundigt werden, um Anhaltepunkte zu haben.

Zu den sonstigen Vorarbeiten, welche man im Allgemeinen zur Beurtheilung noch beschaffen wird, gehören etwa die folgenden, vorausgesetzt daß man nicht Beobachtungen zur Zeit des Hochwassers über Geschwindigkeit, Querschnitt und daher Wassermenge direct machen kann, welche selbstredend am sichersten zum Ziele führen, wobei indessen immer eine Vergleichung mit den Wassermengen, die aus dem Niederschlagsgebiete in ähnlicher Weise wie im Vorliegenden bestimmt sind, von Interesse sein und zur Controle dienen kann.

1) Das Querprofil des Baches in der Durchschnittslinie der Straße oder Bahn muß aufgenommen werden und sind die verschiedenen Wasserstände darin anzugeben.
2) Für jeden Bach muß das Niederschlagsgebiet (genau genug auf einer guten, mit Bergzeichnung versehenen Karte in $^1/_{50000}$ bis $^1/_{100000}$ Maaßstab) ermittelt und die Dauer der höchsten Anschwellung erkundigt werden.
3) Es muß für jeden Uebergangspunkt ein Längendurchschnitt in der Axe der Straße oder Bahn angefertigt, auch angegeben werden, ob die Straße oder Bahn den Bach rechtwinklig, oder unter welchem Winkel schief schneidet.
4) Der Abhang des Baches ist eine Strecke oberhalb und unterhalb der Uebergangsstelle zu nivelliren und zu untersuchen, auch im Profil anzugeben, ob der Recipient mit seinem Hochwasser auf den Abfluß des Baches eine Einwirkung zu äußern vermag.

Endlich ist noch bei Bächen, deren Ueberbrückung in der Nähe der Einmündungsstelle in einen größeren Wasserlauf sich befindet, was oft der Fall ist, wenn die Straße oder Bahn parallel mit einem Flusse in dessen Inundationsgebiete liegt, zu beachten, daß durch den Rückstau des Flusses der Durchlaß über den Bach im Stauwasser zu liegen kommen kann, wobei indessen zu berücksichtigen ist, daß häufig die Hochwasserstände beider Gewässer nicht zu gleicher Zeit stattfinden. Die Tiefe des Baches wird dann in letzterem Falle von der Höhe des Hochwasserstandes im Flusse bedingt und das vom Bache herkommende Wasser kann nur durchfließen, indem sich oberhalb vor der Brücke ein gewisser Stau herstellt, welcher, wenn das Durchflußprofil und die Wassermenge des Baches, also auch die Durchflußgeschwindigkeit v bekannt sind, sich aus $\frac{v^2}{2g}$ = Stauhöhe, annähernd berechnet. Die Weite der Brücke ist dann (bei bekannter Tiefe des Baches an der Uebergangsstelle) so anzunehmen, daß ein Mal kein für die Anlieger schädlicher Stau entstehe und ferner, daß die Geschwindigkeit die Sohle des Durchlasses nicht angreife, event. wird man diese in bekannter Weise befestigen müssen. Wird die Geschwindigkeit sehr klein angenommen, so kann dies ebenfalls lästig werden, weil es vorkommen kann, daß die von der oberen mit stärkerem Gefälle behafteten Bachstrecke herunterkommenden gröberen Sinkstoffe in der Nähe der Brücke liegen bleiben, so daß der Schlauch des Baches an dieser Stelle und die Brückenöffnung bei eingetretenem niedrigen Wasser bisweilen ausgeräumt werden müssen.

Ueber eine systematische Schraubenscala.

Von
Robert Briggs in Philadelphia.

(Nach dem Journal of the Franklin Institute. Vol. 79, No. 470.)

(Hierzu Fig. 13 bis 18 auf Tafel 9.)

Die Frage über eine systematische Schraubenscala ist in neuerer Zeit im Franklin-Institut dadurch angeregt worden, daß Herr William Sellers von hier darüber einen Vortrag gehalten und das Institut in Folge dessen das Gutachten eines besonderen Comité über die Sellers'schen Vorschläge eingeholt hat. Letzteres spricht sich günstig über die Basis des Sellers'schen Systemes, über die Aenderungen in der Steigung der Schrauben und über die vorgeschlagene Form der Schraubengänge aus, geht aber nicht gründlich genug auf die verschiedenen Rücksichten ein, welche bei der definitiven Feststellung einer Schraubenscala zu nehmen sind, und da Schreiber dieses seit Jahren dem Gegenstande seine Aufmerksamkeit zugewendet hat, so erlaubt er sich hier einige Bemerkungen über denselben niederzulegen, welche zwar dem eigentlichen Fachmann nichts Neues bieten werden, aber doch alle bei dieser Frage zu berücksichtigenden Umstände vorführen dürften.

Wenn man diesen Gegenstand von Anfang her verfolgt, so sieht man, daß Gewohnheit und Praxis seit Jahren für jeden Schrauben- oder Mutterdurchmesser eine gewisse Zahl von Gängen pro Zoll, sowie eine besondere Form der Gänge so allgemein angenommen hat, daß man offenbar darin das Ergebniß ernsten Nachdenkens und zweckentsprechender Auswahl von Tausenden von Maschinenbauern und Consumenten erblicken muß.

Die Zahl der Gänge pro Zoll und ihre gewöhnliche Form wurde im J. 1841 durch Joseph Whitworth geprüft und zusammengestellt und darüber dem Institut der Civilingenieure in London eine Abhandlung vorgelegt. Den meisten der darin enthaltenen Vorschläge ist, da sie lediglich auf praktische Erfahrungen ohne alle theoretische Speculationen gegründet waren, die ganze Ingenieur-Welt beigetreten und es ist innerhalb der Grenzen, für welche man sich der Schraubenbolzen als Befestigungsmittel bedient und die Schrauben in Kluppen geschnitten werden, also etwa von $1/4$ bis zu 2 Zoll Durchmesser, die von Whitworth angegebene Zahl von Gängen von allen späteren Schraubenfabrikanten zu Grunde gelegt worden.

Auffallend ist nur bei dieser Schraubenscala die Gegend der $1/2$ bis $5/8$zolligen Schrauben, weil die dort verzeichneten Zahlen eine so grobe Schraubenganghöhe geben, daß die Schraubenbolzen in Folge der Tiefe der einschneidenden Gänge dadurch wirklich geschwächt werden. Daher haben manche Maschinenwerkstätten den $1/2$zolligen Schrauben statt zwölf 13, $13 1/2$ bis 14 Gänge pro Zoll gegeben; letztere beide Zahlen, welche direct von 3 und 9, oder von 7 abzuleiten sind und daher leicht mit den gewöhnlichen Wechselrädern der Schraubenschneidemaschinen hergestellt werden können, sind der Zahl 13 vorzuziehen. Ebenso sind $5/8$zollige Schrauben meist mit 13, anstatt 11 Gängen versehen worden. Wir werden im weiteren Verfolg sehen, daß diese Abweichungen nicht blos einen praktischen, sondern auch einen theoretischen Grund haben, indem sie auf solchen Vergleichungen der Verhältnisse, welche durch graphische Scalen oder Formeln sich ergeben, beruhen. Möglicherweise würden unsere jetzigen verbesserten Schraubenschneidevorrichtungen, welche vollkommenere Schrauben schneiden, feinere Gänge als früher gestatten, wenn man blos die verbleibende Stärke des Kerns und die durch die Schrauben auszuübende Kraft in Betracht zieht, man darf aber nicht blos die erstmalige Anziehung der Muttern, wo die Gänge noch rein und wohl geölt sind, berücksichtigen, sondern muß daran denken, daß die Mutter auch wieder loszuschrauben sein muß, wenn die Gänge mit Schmutz oder Rost ausgefüllt sind und das Oel eingetrocknet ist.

Die Füglichkeit, dies zu erzielen, ohne Gefahr zu laufen, die Schraube abzuwürgen, hängt von dem Steigungswinkel der Schraube oder der Ganghöhe ab, und der Umstand, daß Schraubenbolzen und besonders stärkere beim Losschrauben der Muttern so oft abgewürgt werden, beweist, daß oft gröbere Gewinde, als die üblichen, zu wünschen wären. Betrachtet man aber die Masse von Schrauben,

welche es giebt, und deren allgemeine Uebereinstimmung, so ist es einleuchtend, daß nur dann eine Veränderung der üblichen Verhältnisse gerechtfertigt ist, wenn radicale Verbesserungen damit verbunden sind.

Whitworth's Vorschlag bezüglich der Form des dreieckigen Gewindes hat nicht dieselbe allgemeine Billigung erhalten, vielmehr ist der Winkel von 60° in England, wie in den Vereinigten Staaten viel allgemeiner in Anwendung, als der vorgeschlagene Winkel von 55°. Ein wesentlicher Vorzug des ersteren Winkels besteht darin, daß er die Vollendung der Form der Gänge und das Schärfen des Backens der Kluppe mit einer gewöhnlichen dreieckigen Feile gestattet, da der Winkel einer solchen neuen Feile genau der Form des Gewindes entspricht, und die geringe Abrundung der Kante gerade die erwünschte Form der Wurzel des Gewindes herstellt.

So bereitwillig die meisten Maschinenbauanstalten auf ein allgemeines System eingehen dürften, so ist doch gegenwärtig noch der Uebelstand vorhanden, daß die wirklichen Durchmesser oft nicht mit den nominellen übereinstimmen. Die nominellen Durchmesser vieler Maschinentheile beziehen sich meist auf willkürliche Lehren und entsprechen unsern Maaßeinheiten nicht einmal in einfachen Verhältnissen. Gas- und Dampfrohre von Schmiedeeisen stimmen z. B. im nominellen Durchmesser weder mit dem inneren, noch äußeren Durchmesser; schmiedeeiserne gedrehte Wellen werden nach der Stärke der käuflichen Rundeisensorten benannt, aus denen sie gedreht sind, und die Blech- und Drahtstärken stehen in keinem einfachen numerischen Verhältniß zu den Nummern der betreffenden Lehren. In gleicher Weise ist ein Satz von willkürlichen Lehren für Vater- und Mutterschraubengewinde nöthig, damit der Arbeiter nicht nach Zirkel und Maaßstab zu greifen braucht. Hierbei kommt es nicht auf einige Tausendtheile des Zolles an, wenn nur die Benennung nach dem nächsten Durchmesser in Sechzehntelzollen gewählt ist.

Nachdem nun die hauptsächlichsten fraglichen Punkte aufgeführt worden sind, wollen wir zu einer näheren Prüfung derselben übergehen. Es kann sich natürlich dabei nur um diejenigen Arten von Schrauben handeln, welche zur Befestigung dienen, da die Bedürfnisse besonderer Maschinenbauzweige sich nicht hier subsumiren lassen. Besonders grobes Gewinde, viereckig oder mit verbrochenen Kanten oder dreieckig, ist z. B. zu allen laufenden, oder oft zu lösenden Schrauben erforderlich, während sehr feines und accurates Gewinde da nothwendig ist, wo häufige Stöße vorkommen, wie bei Hämmern, Locomotiven u. dergl. Bei Röhren giebt die Stärke des Materiales eine Grenze für die Gröbe des Gewindes und Holzschrauben bedürfen ein Gewinde von verschiedener Breite der Gänge und Zwischenräume. Wollte man eine Schraubenscala entwerfen, welche alle diese Fälle umfaßte, so hieße dies die Grundprincipien des Construirens mißverstehen. Trotzdem wäre es sehr wünschenswerth, daß die Fabrikanten von Werkzeugsmaschinen, Röhren, Instrumenten, Holzschrauben u. s. w. sich ebenfalls über gewisse allgemeine Verhältnisse verständigten und einigten.

Wir beschränken uns überdies auch nur auf die Durchmesser von $^1/_4$ bis 2 Zoll, da zum Anziehen der 2zolligen Schrauben schon drei Mann an einem 48 Zoll langen Schlüssel erforderlich sind, welche jeder 100 Pfd. Kraft anwenden, stärkere Schrauben auch in der Regel auf besondern Maschinen geschnitten werden, wobei viel auf die Güte der Arbeit ankommt.

Der Mechaniker, welcher die Proportionen eines Maschinentheiles feststellen will, bezieht sich entweder direct oder aus dem Gedächtniß auf Dimensionen, welche anderwärts angewendet sind; er wird z. B. schließen, daß, wenn bei einer $^3/_4$zolligen Schraube 10 Gänge pro Zoll nöthig sind, bei einem $1^1/_2$zolligen Schraubenbolzen etwas weniger Gänge erforderlich sein werden, und da die Menge des weggenommenen Eisens ebenso wie der Durchmesser der betreffenden Schraube zu berücksichtigen ist, so wird er die Zahl der Gänge bei letzterer Schraubenstärke in etwas geringerem Verhältniß als im umgekehrten abnehmen lassen und sie vielleicht auf sechs feststellen. Geht er dann weiter auf andere Stärken über, so wird er einer $^7/_8$zolligen Schraube ein etwas gröberes Gewinde als einer $^3/_4$zolligen, einer 1zolligen Schraube ein gröberes Gewinde, als einer $^7/_8$zolligen geben u. s. w. und so dem Gefühl nach eine Tabelle entwerfen, welche alle Stärken zwischen $^3/_4$ und $1^1/_2$ Zoll Durchmesser und darüber hinaus umfaßt. Dabei beruht das Ganze aber nur auf der Annahme, daß der $^3/_4$zollige Schraubenbolzen richtig und der $1^1/_2$zollige passend dimensionirt sei, und es resultirt auf diesem Wege eine Reihe von Verhältnißzahlen, welche sich auch in algebraischer Form ausdrücken lassen wird.

Bezeichnet p die Ganghöhe oder den Abstand von der Spitze einer Windung der Schraube bis zur nächsten,

$n = \frac{1}{p}$ die Reciproke davon,

d den äußeren Schraubendurchmesser,

so läßt sich die Whitworth'sche Scala durch folgende Formel wiedergeben:

$$p = 0{,}1075\, d - 0{,}0075\, d^2 + 0{,}024 \text{ Zoll}.$$

Herr Sellers stellt die Formel

$$p = 0{,}24 \sqrt{d + 0{,}625} - 0{,}175 \text{ Zoll}$$

auf und der Verfasser schlägt innerhalb der angegebenen Grenzen vor die Formel:

$$p = 0{,}096\, d + 0{,}026.$$

Fig. 13 auf Tafel 9 gestattet die Vergleichung dieser drei Formeln. Die Formel, welche die Werthe der Whitworth'schen Scala so genau wiedergiebt, kann über ihre obere Grenze hinaus nicht weiter angewendet werden. Bei 7½ Zoll Durchmesser erreicht die Curve der p ihr Maximum und die Werthe nehmen dann mit wachsenden Durchmessern ab.

Sellers' Formel giebt zuletzt, wenn d so groß ist, daß man die Constante vernachlässigen kann, $0{,}24 \sqrt{d}$, ist also frei von dem erwähnten Fehler der Whitworth'schen Formel, da aber die Ganghöhe für starke Schrauben fortschreitend geringer wird, so ist es fraglich, ob dabei die Bedingung des leichten Losschraubens genügend berücksichtigt ist.

Im Allgemeinen ist nicht recht abzusehen, warum die zweite Potenz oder die Wurzel des Durchmessers in diese Formeln eingeführt worden ist, und die Formel des Verfassers dürfte sich wegen ihrer Einfachheit und wegen der leichten Anwendung bei der Berechnung der Widerstandsfähigkeit und Tragfähigkeit einer Schraube empfehlen. Sie könnte für praktische Zwecke noch in weiterer Ausdehnung angewendet werden, und obwohl die Ganghöhen für 3 Zoll Durchmesser im Vergleich zur Whitworth'schen Tafel etwas unverhältnißmäßig erscheinen, so läßt sich doch nachweisen, daß Whitworth's Ganghöhen zu gering sind, wenn man das Lösen einer Mutter von einem verrosteten Bolzen berücksichtigt. Es zeigt sich auch, daß alle Formeln darin übereinstimmen, daß die von Whitworth für eine ½zöllige Schraube angenommene Ganghöhe nicht passend ist und als eine Abweichung von der gemeinen Praxis angesehen werden muß, wenn die übrigen Werthe der Praxis entsprechen.

Nachstehende Tabelle stellt die Resultate der 3 Formeln numerisch nebeneinander.

Zahl der Gänge pro Zoll Länge.

Durchmesser des Schraubenbolzens.	Whitworth.			Sellers.		Briggs.	
	Genaue Zahl.	Nächste ganze Zahl.	Tabellenwerth.	Genaue Zahl.	Nächste ganze Zahl.	Genaue Zahl.	Nächste ganze Zahl.
¼	19,80	20	20	20	20	20	20
5/16	17,57	18	18	17,85	18	17,84	18
⅜	15,79	16	16	15,38	16	16,13	16
7/16	14,37	14	14	13,90	14	14,7	15
½	13,17	13	12	12,50	13	13,5	14
9/16	12,18	12	12	11,49	12	12,5	12
⅝	11,32	11	11	10,75	11	11,63	12
¾	9,95	10	10	9,36	10	10,2	10
⅞	8,90	9	9	8,40	9	9,09	9
1	8,06	8	8	7,63	8	8,2	8
1⅛	7,39	7	7	6,99	7	7,47	7
1¼	6,82	7	7	6,49	7	6,85	7
1⅜	6,35	6	6	6,10	6	6,34	6
1½	5,94	6	6	5,71	6	5,88	6
1⅝	5,59	6	5	5,40	5½	5,49	5½
1¾	5,29	5	5	5,13	5	5,16	5
1⅞	5,02	5	4½	4,90	5	4,84	5
2	4,78	4½	4½	4,67	4½	4,59	4½
2¼	4,39	4½	4	4,31	4½	4,13	4
2½	4,06	4	4	4,00	4	3,76	3¾
2¾	3,73	4	3½	3,76	4	3,45	3½
3	3,58	3½	3½	3,54	3½	3,18	3¼
3¼	3,39	3½	3¼	3,35	3½	2,86	3
3½	3,24	3¼	3¼	3,19	3¼	2,77	2¾
3¾	3,11	3	3	3,04	3		
4	2,99	3	3	2,92	3		
4¼	2,90	2⅞	2⅞	2,81	2⅞		
4½	2,81	2⅞	2⅞	2,71	2¾		
4¾	2,73	2¾	2¾	2,61	2⅝		
5	2,68	2¾	2¾	2,53	2½		
5¼	2,62	2⅝	2⅝	2,45	2½		
5½	2,57	2⅝	2⅝	2,38	2⅜		
5¾	2,54	2½	2½	2,31	2⅜		
6	2,51	2½	2½	2,25	2¼		

Ein Schraubenbolzen ist auf zweierlei Weise in Anspruch genommen; nämlich auf Zug oder durch die Spannung in der Richtung des Bolzens, welche das getragene Gewicht verursacht, oder zum Zusammenhalten der zu verbindenden Theile erforderlich ist, und auf Torsion oder durch eine Kraft in der Drehungsebene tangential zum cylindrischen Körper des Bolzens, welche durch zwei besondere Kraftäußerungen hervorgebracht wird, nämlich durch die Componente des Gewichtes in der Schraubenfläche, welche positiv oder negativ sein wird, je nachdem die Schraube zum Heben oder Herablassen eines Gewichtes benutzt wird, und durch den Widerstand der Reibung, welchen die sich drehende Schraubenfläche unter der darauf ruhenden Last erfährt.

Die Widerstandsfähigkeit gegen den Zug ist abhängig von dem Querschnitt des Kernes am Fuße der vortretenden Schraubengänge und je flacher das Gewinde ist, sei es in Folge geringer Ganghöhe oder eines stumpfen Spitzenwinkels, oder in Folge der Abrundung oder Abstumpfung der Spitzen, um so größer ist dieser Querschnitt. Gewöhnliches Schraubeneisen hat eine Widerstandsfähigkeit von 20000 Pfd. pro Quadratzoll und hiernach läßt sich die Widerstandsfähigkeit eines Schraubenbolzens gegen Zug bemessen.

Es ist hier zu bemerken, daß die Abrundung der Wurzeln der Gewinde zu der Erhöhung der Festigkeit der Schrauben beiträgt, wenn sie auf's äußerste angestrengt und bis zu $1/3$ der Bruchfestigkeit belastet sein sollten. Ein halbzölliger, in der Mitte mit einer Verstärkung von 1 Zoll Durchmesser versehener Stab wird z. B. durch die plötzliche Verstärkung um $1/5$ bis $1/4$ in seiner Zug- oder Torsionsfestigkeit geschwächt im Vergleich zu der Festigkeit, welche ein gleichförmig $1/2$ Zoll starker Stab zeigen würde. Die Torsionsspannung, welche beim Anziehen der Mutter auf den Bolzen ausgeübt wird, wo die Componente der Kraft positiv ist, wird für gewisse Werthe des Reibungscoefficienten der Zugspannung gleich, d. h. der Schraubenbolzen ist unter gewissen Umständen ebenso sehr dem Abwürgen als Zerreißen ausgesetzt. Wir wollen nicht näher auf diese Rechnung eingehen*), sondern blos einige Resultate anführen, indem wir hoffen, daß das Zutreffende dieser Resultate hier genügen werde. Die Werthe des Reibungscoefficienten, bei welchen Torsion und Zug gleich werden, sind folgende:

Nomineller Durchmesser	$1/2$	$3/4$	1	$1\,1/2$	2	3 Zoll.
Reibungscoefficient	0,32	0,335	0,34	0,35	0,355	0,36

Hieraus folgt, daß bei den stärkeren Bolzen der Torsionswiderstand etwas größer wird, und daß im Allgemeinen keine Gefahr des Abwürgens vorhanden ist, so lange der Reibungswiderstand nicht ein Drittel der Last überschreitet.

Aehnliche Rechnungen haben für den Fall des Losschraubens, wo die Componente der zur Verminderung der Spannung aufgewendeten Kraft negativ ist, fast dieselben Resultate ergeben, nur sind die Differenzen der Werthe des Reibungscoefficienten umgekehrt und es ist der größere Widerstand bei dem schwächeren Bolzen vorhanden. Im Durchschnitt muß der Reibungscoefficient 0,38 betragen, wenn Abwürgen eintreten soll. Die beim Drehen der Mutter stattfindende Reibung kann kaum als eine Reibung der Bewegung angesehen werden, da nach jedem Anziehrucke die Contactflächen wieder zur Ruhe kommen, dagegen sind beim Anziehen die sich berührenden Schraubenflächen in einem viel günstigeren Zustande als beim Losschrauben, wo die Schraube längere Zeit angespannt gewesen und eingerostet ist, sodaß der Reibungscoefficient leicht 38% betragen kann. Stärkere Schrauben führen auf größere Reibungscoefficienten nicht nur wegen des verhältnißmäßig geringeren Steigungswinkels, sondern auch weil die Muttern besser auf sie passen; gröberes Gewinde giebt gleichzeitig lockerer sitzende Muttern und günstigere Steigungswinkel zum Losschrauben.

Der nächste zu erörternde Gesichtspunkt ist die Form der Gewinde. Würden Schrauben aus durch und durch gesundem Eisen gefertigt und säßen die Muttern stets so genau, daß die ganze Fläche des Gewindes als Tragfläche angesehen werden könnte, so würden, ganz abgesehen von der Feinheit, weder bei dreieckigem, noch bei Whitworth'schem, noch bei trapezförmigem Querschnitt der Gewinde abgescheerte Schrauben vorkommen; in der Praxis muß aber auf Ungleichförmigkeit des Eisens und auf schlechten Sitz der Muttern Rücksicht genommen werden.

Das käufliche Eisen, woraus man Schrauben fertigt, ist oft an der äußeren Rinde blättrig und lose und die durchgestoßenen Muttern verlieren bei kaltem Durchstoßen mit schlecht gemachten oder stumpfen Stempeln ihr gesundes Gefüge, sodaß in der Regel die Schrauben der Werkstätten und des Handels von geringer Güte sind. Ueberdies verlangt man auch, daß sich die Muttern leicht anschrauben lassen, damit nicht jedes Bischen Schmutz sie unbrauchbar macht.

Hieraus geht hervor, daß die anzunehmende Form des Gewindes mancherlei Bedingungen genügen muß und nicht Sache der Berechnung, sondern der Ueberlegung sein muß. Je feiner das Gewinde, um so stärker ist die Schraube, um so weniger leicht löst sich aber die Mutter, und um so mehr

*) Nach Wiebe, „Lehre von den einfachen Maschinentheilen", Bd. I, S. 89 besteht zwischen der Zugspannung P und der Kraft zum Abwürgen p allgemein das Verhältniß $p = P \frac{tg\,\alpha \pm \left(\mu + \frac{14}{9}\mu_1\right)}{1 \pm \mu \,.\, tg\,\alpha}$, wo α den Steigungswinkel der Schraube, μ den Reibungscoefficienten für das Gleiten der Mutter auf der Schraube und μ_1 denjenigen für das Gleiten der Mutter auf der Unterlage bedeutet. D. Red.

ist zu befürchten, daß das blos wenig in die äußere Oberfläche eindringende Gewinde unvollkommen und nicht recht gesund sein werde. Wenn wir nach den obigen Auseinandersetzungen uns an die Praxis anschließen und die Zahl der Gänge nach unserer Formel bestimmen, so bekommen wir um so widerstandsfähigere Schrauben, je geringer die Gangtiefe ist, aber mit der abnehmenden Tiefe der Gewinde nimmt auch die Sitzfläche ab. Eine weitere Rücksicht verdienen die Instrumente zum Schraubenschneiden, die Leichtigkeit, mit welcher sie die Gewinde schneiden und die Dauer, auf welche sie scharf bleiben. Wir wollen indessen bei diesen abstracten Betrachtungen nicht länger verweilen; Maschinen a priori bauen zu wollen, ist eine Absurdität, im Maschinenbau geht vielmehr stets die Erfahrung der Erkenntniß voraus und spottet mitunter sehr der Bemühungen der Erklärung.

Man hat für die Form der Schraubengänge den Winkel von 60° angenommen, mehr oder weniger abgerundet an den Spitzen und an der Wurzel der Gänge. Diese Form giebt dem Gange an der Wurzel die breiteste Anhaftungsfläche am Kern, während der Druck des Gewichtes auf die geneigte Fläche den Widerstand gegen das Abscheeren proportional zur Tangente des Neigungswinkels erhöht. Bei hölzernen Schrauben hat man dagegen den Winkel von 90° als denjenigen erkannt, welcher am meisten gegen das Abscheeren sichert, obgleich die Holzfaser dann am meisten dem Spalten ausgesetzt ist. Sie werden bei leichter Abrundung oder Abstumpfung an den Spitzen sehr locker gemacht, damit das Holz schwellen oder schwinden könne, und zeigen sich für Tischler sehr zweckmäßig. Schrauben an Hämmern, welche in Gußeisen eingeschraubt werden, verlangen feine Gewinde, damit sie nicht herausfallen, und denselben Gangquerschnitt, als hölzerne Schrauben. Für mathematische Instrumente und für Schrauben in dünnen Platten giebt man dem Gewinde oft einen Winkel von 45° an der Spitze, besonders stählernen.

Die bei dem Winkel von 60° gegebene Gewindetiefe gestattet ein ziemlich lockeres Sitzen und ziemlich unvollkommenes Gewinde, giebt aber dabei eine breite Auflagerungsfläche für das auf den Bolzen wirkende Gewicht. Allerdings werden diese Vortheile durch Verlust an Widerstandsfähigkeit erkauft, aber wenn beispielsweise eine $^3/_4$ zollige Schraube für einen gewissen Zweck nicht fest genug erscheinen sollte, so kann man ja eine $^7/_8$ zollige nehmen. Bei den Zugstangen für Dach- oder Brückenconstructionen kann man freilich nicht ebenso verfahren, um die gehörige Festigkeit in den Schrauben zu erzielen; hier verlangt ein rationelles Construiren, daß die Enden solcher Stangen besonders angeschweißt und so stark genommen werden, daß nach dem Einschneiden des Gewindes noch ein stärkerer Kern übrig bleibt als die übrige Stange, was theils zur Erzielung der gehörigen Sicherheit, theils in Berücksichtigung des schiefen Zuges nöthig ist, welchem solche Stangen gewöhnlich in Folge schlechten Aufsitzens der Mutter auf der Unterlage ausgesetzt sind.

Keine Form des Schneidstahles ist so leicht zu erzielen und zu erhalten, als die Dreiecksform (Fig. 15, Taf. 9) und die von uns besprochene Form der Gänge ist allen unsern Lesern so vollkommen bekannt, daß wir darüber nichts weiter beizufügen haben. Die Whitworth'sche Form (Fig. 16) ist dagegen nicht durch eine einfache Manipulation zu erzielen und kann nur durch Probe-Schraubenbohrer, Probe-Schneideisen, Probe-Backen u. s. w., welche alle vergänglich sind und wiederholte kostspielige Erneuerungen bedürfen, eingeführt und bewahrt werden. Der Vorstand der renommirtesten englischen Maschinenbauwerkstatt, der selbst einer der geschätztesten Schriftsteller im Gebiete der Mechanik ist, hat sich 23 Jahr lang gemüht, diese Art von Gewinde einzuführen, und dabei nur den allgemeinen Widerwillen gegen einen Wechsel (ungeachtet der Vortheile der Gleichförmigkeit) kennen zu lernen Gelegenheit gehabt. Sellers' Form (Fig. 17) besitzt einige Vorzüge vor der Whitworth'schen, nämlich erstens setzt eine von ihm beschriebene Lehre jeden Arbeiter in Stand, die genaue Form herzustellen, ferner wird, so lange die Bohrer und Backen neu sind, dadurch beträchtlich an Auflagerungsfläche in den Gewinden gewonnen, daß statt der Abrundung an den Spitzen und an der Wurzel der Gewindegänge Abstumpfungen angewendet sind, drittens gewinnen die Bolzen an Widerstandsfähigkeit durch die etwas geringere Tiefe des Gewindes, ein Vortheil, den auch das Whitworth'sche System bietet.

Betrachtet man diese Vortheile, so zeigt sich erstens die Sellers'sche Lehre fast ebenso vortheilhaft für die Erzeugung des Whitworth'schen Gewindes, als dessen Lehre, indem sie für die Enden der Gewinde bestimmte Längen giebt, die auf andere Weise kaum zu erzielen sind. Was zweitens die Auflagerungsfläche anlangt, so dürften sich die scharfen Ecken bald abnutzen und nach einigem Gebrauche dürfte es schwer sein, Schrauben, die nach dem Sellers'schen System gefertigt sind, von Whitworth'schen zu unterscheiden. Was drittens den Gewinn an Widerstandsfähigkeit anlangt, so ist dieser Punkt bereits bei der allgemeinen Discussion erörtert worden. Nach allem dem scheint uns die in Fig. 14 und 15 dargestellte Form der Gewinde neben der allgemeinen Verbreitung so große Vortheile zu besitzen, daß die angeführten Vortheile noch von viel wesentlicherer Bedeutung sein müßten, ehe eine Abänderung zu empfehlen wäre. Unser Vorschlag geht dahin, daß der Querschnitt der Gänge, wenn neu, 0,8 der Ganghöhe zur Tiefe erhalten solle (Fig. 14), anstatt 0,866, was der Dreiecksform bei scharfen Spitzen entsprechen würde. Es ist

dies diejenige Gangtiefe, welche die besten Werkstätten angenommen haben, nur geben die Schraubenfabriken eine etwas stärkere Abrundung (Fig. 15), sodaß die Tiefe blos 0,75 der Ganghöhe beträgt.

Eine in gewöhnlicher Weise verfertigte Schraube wird immer leicht in einer gut gemachten Mutter gehen, aber eine Schraube von guter Arbeit geht in einer gewöhnlichen Mutter nur dann leicht, wenn dieselbe etwas weiter ist und nicht ganz dicht sitzt; hierzu ist indessen nur eine wenig größere Weite, $^1/_{3000}$ Zoll mehr Durchmesser beim $^3/_4$zolligen Schraubenbolzen erforderlich, sodaß gut gemachte Schrauben jederzeit in gewöhnliche Muttern passen werden, wenn die ursprünglichen Lehren übereinstimmen.

Gehen wir nun zur Prüfung der Dimensionen der Muttern über, so haben wir die Bequemlichkeit des Drehens zu betrachten und müssen ohne Weiteres den vier- und sechseckigen Muttern den Vorzug zugestehen. Muttern mit fünf, acht oder zehn Seiten, Anziehschrauben mit Flügeln oder Löchern sind nur für besondere Zwecke geeignet, die vier- und sechsseitigen bieten aber entschiedene Vortheile beim Anziehen.

Die Höhe der Muttern ergiebt sich aus folgenden Betrachtungen. Es fragt sich zunächst, welche Höhe mit Rücksicht auf Abnutzung und zur Ueberwindung des Reibungswiderstandes auf der Fläche der Gewinde erforderlich sei, zweitens welche Höhe ein bequemes Anfassen erfordert und drittens, welche Höhe zur Vermeidung des Abscheerens der Gänge gegeben werden muß? Die auf der Fläche der Gänge einer gutpassenden Schraube oder Mutter ruhende Last beträgt 20 bis 25% von der Spannung im Querschnitte des Schraubenkernes und es macht hierbei nur wenig Unterschied, ob man den Reibungscoefficienten für das Anziehen oder Losschrauben nimmt. Daß diese Belastung zu groß ist, wollen wir an speciellen Beispielen nachweisen. Nimmt man nämlich an, daß die Höhe der Mutter dem Durchmesser des Schraubenbolzens gleich sei, so findet man bei einer $^3/_4$zolligen Schraube folgendes. Ein Arbeiter, welcher 60 Pfd. Kraft an einem 12 Zoll langen Hebel (Schlüssel) ausübt, kann mindestens 5500 Pfd. Zug ausüben, wobei der augenblickliche Druck zwischen den Schraubengängen ungefähr 1100 Pfd. oder über 4000 Pfd. pro Quadratzoll und die Spannung im Schraubenbolzen 20000 Pfd. pro Quadratzoll beträgt. Nichts als die allgemeine Anwendung der angegebenen Proportion kann uns also darüber beruhigen, daß sie genügend sei; wir halten es demnach für nöthig, den Muttern mindestens den Schraubendurchmesser zur Höhe zu geben und empfehlen eine größere Höhe für solche Schraubenmuttern, welche oft gelöst werden müssen.

Bezüglich der Größe der Anfassungsfläche gilt dasselbe. Was den Widerstand gegen das Abscheeren anlangt, so ist, ungeachtet der Verminderung der Anhaftungsfläche durch die Ausrundung an der Wurzel der Gänge, nur eine Mutterhöhe h gleich $^1/_4$ des äußeren Schraubendurchmessers d, und wenn man auf unvollkommene lockere Auflage Rücksicht nimmt, also jeden Gang wie einen an dem einen Ende befestigten und in der Mitte belasteten Balken berechnet, nur eine Höhe der Mutter gleich $^1/_2$ des Durchmessers erforderlich, sonach ist dieser Bedingung durch die Annahme des Verhältnisses $h = d$ reichlich entsprochen.

Der Durchmesser des eingeschriebenen Kreises der Muttern ist zu bemessen: erstens nach dem Widerstande gegen den schiefen Druck auf die Gänge, welcher nicht so stark sein darf, daß er die durch unvollkommene Schweißung und das Durchlochen geschwächten Muttern auffspaltet, zweitens nach der Größe der Fläche, mit welcher die untere Seite der Mutter aufruht, drittens nach der Bequemlichkeit zum Anfassen der Muttern beim Anziehen.

Es genüge hier zu bemerken, daß nach angestellten Rechnungen die Größe des auf Auffspaltung der Muttern wirkenden Druckes bei $^1/_2$- bis 2zolligen Muttern nur $^1/_{10}$ bis $^1/_7$ der Spannung im Kern der Schraube beträgt, und daß also nur die beiden letzteren Punkte zu erwägen sind. Machen wir den Durchmesser des eingeschriebenen Kreises abhängig von dem Schraubendurchmesser und setzen wir

$$d_1 = 1{,}5\,d + \frac{1}{8} \text{ Zoll},$$

so erhalten wir zwischen der Spannung K im Schraubenbolzen und dem Drucke K_1 auf die Unterfläche der Mutter (wofür die Fläche des eingeschriebenen Kreises minus die um einigen Zwischenraum vergrößerte Fläche des Loches, dessen Durchmesser $= 1{,}03\,d + 0{,}03$ zu setzen sein dürfte, eingeführt werden mag) für nachstehende Schraubendurchmesser folgende Werthe:

Durchmesser	$^1/_4$	$^1/_2$	$^3/_4$	1	$1^1/_2$	2 Zoll.
$\frac{K_1}{K}$	0,17	0,31	0,39	0,43	0,47	0,50

Hiernach beträgt der Druck in der Unterfläche der Mutter einer zweizolligen Schraube halb soviel als die Spannung in der Schraube, und wenn diese bis zu ihrer höchsten Spannung mit 20000 Pfd. pro Quadratzoll belastet ist, so ist der Druck auf die Unterfläche 10000 Pfd. pro Quadratzoll. Eine so starke Belastung läßt sich an sich nicht rechtfertigen und kann nur durch die Erfahrung als zulässig erkannt werden, doch erkennt man auch hieraus, daß größere Schrauben unbedingt abgedrehte Muttern und Unterlegscheiben erhalten müssen.

Die Facetten der Muttern sind groß genug zum Aufstecken der Schlüssel, wenn der Durchmesser des eingeschriebenen Kreises gleich $1{,}5\,d + 0{,}125$ angenommen wird.

Die Dimensionen des Schraubenkopfes unterliegen ähnlichen Bedingungen, nur hängt die Höhe nicht von dem Reibungswiderstande auf den Schraubengangflächen ab und wird gewöhnlich zu

$$h_1 = 0{,}8\,d$$

bestimmt, was eine genügende Fläche zum Anfassen gewährt.

Wenn die Tiefe der Schraubengänge $= 0{,}8\,p$ beträgt, so ergiebt sich der Kerndurchmesser $d_2 = d - 2.0{,}8\,p$ oder $d - 2.0{,}75\,p$ bei guten käuflichen Schrauben. So groß wäre auch der Durchmesser des Loches in der Mutter zu nehmen, wenn nicht auf das Hervortreten des Eisens an den Spitzen der Gänge Rücksicht zu nehmen wäre, welches erfolgt, wenn auf der andern Seite gleichzeitig die Vertiefung eingeschnitten wird. Wollte man einen Mutterbohrer in ein Loch von gleichem Durchmesser mit seinem Kern eindrehen, so würde das Eisen an dem Werkzeuge anhaften und das Schneiden sehr erschweren, während das Gewinde fast immer verderben würde. Bei Gußeisen würde es abbrechen und bei Schmiedeeisen würde es in Folge der Drehung des Gewindes auf der andern Seite der Mutter zusammengeschoben werden. Wieviel man mehr Weite nehmen muß, hängt von der Schärfe des Bohrers und der geschickten Gestalt der Zähne ab. Man kann im Allgemeinen den Durchmesser des Loches in der Mutter

$$d_2 = d - 2.0{,}7\,p + 0{,}01$$

bei gewöhnlichen und

$$d_2 = d - 2.0{,}75\,p + 0{,}005$$

bei vorzüglichen Mutterbohrern und Muttern setzen.

Recapitulirt man die gefundenen Verhältnisse, so ist zu setzen:

1. Zahl der Gewinde pro Zoll Länge $n = \frac{1}{p} = \frac{10{,}42}{d + 0{,}27}$.
2. Tiefe des Gewindes für ausgezeichnete Schrauben $t = 0{,}8\,p$.
   " " " " gewöhnliche Schrauben $t = 0{,}75\,p$.
3. Eingeschriebener Durchmesser der Mutter $d_1 = 1{,}5\,d + 0{,}125$ Zoll.
4. Höhe der Mutter $h = d$.
5. Höhe des Kopfes $h_1 = 0{,}8\,d$.
6. Durchmesser des Loches in der Mutter $d_2 = d - 1{,}4\,p + 0{,}01$.

Nachstehende Tabelle giebt eine Uebersicht über die Resultate dieser Formeln.*)

Durchmesser des Schraubenbolzens in Zollen.	Zahl der Gewinde pro Zoll Länge.	Durchmesser der Mutter in Zollen.	Höhe der Mutter. Zoll.	Durchmesser des Loches in der Mutter. Zoll.	Höhe des Kopfes in Zollen.
1/4	20	1/2	1/4	0,190	0,20
5/16	18	9/16	5/16	0,255	0,25
3/8	16	11/16	3/8	0,297	0,30
7/16	15	3/4	7/16	0,355	0,35
1/2	14	7/8	1/2	0,410	0,40
9/16	12	15/16	9/16	0,452	0,45
5/8	12	1 1/16	5/8	0,518	0,50
3/4	10	1 1/4	3/4	0,62	0,6
7/8	9	1 7/16	7/8	0,729	0,7
1	8	1 5/8	1	0,84	0,8
1 1/8	7	1 3/4	1 1/8	0,935	0,9
1 1/4	7	2	1 1/4	1,060	1,0
1 3/8	6	2 3/16	1 3/8	1,152	1,1
1 1/2	6	2 3/8	1 1/2	1,277	1,2
1 5/8	6	2 9/16	1 5/8	1,402	1,3
1 3/4	5	2 3/4	1 3/4	1,48	1,4
1 7/8	5	2 15/16	1 7/8	1,605	1,5
2	4 1/2	3 1/8	2	1,7	1,6

*) Für Metermaaß gestalten sich dieselben, wenn man die Dimensionen in Millimetern und die Zahl der Gänge pro Centimeter nimmt, folgendermaaßen:

$$n = \frac{104{,}1}{d + 6{,}88},\ t = 0{,}8p,\ d_1 = 1{,}5d + 3,\ h = d,\ h_1 = 0{,}8d,$$

$$p = 0{,}096\,d + 0{,}66,\ d_2 = d - 1{,}4p + 0{,}254 = 0{,}866\,d - 0{,}67.$$

D. Red.

Rollkrahn mit Dampfmaschine zum Verladen von Gütern.

Gebaut von

L. A. Quillacq, Maschinenbauer zu Anzin.

(Hierzu Tafel 10 und 11.)

Ebenso wie bei den stehenden oder locomobilen Krahnen mit Ausleger hat man auch die Rollkrahne zum Betrieb mit Dampfkraft einzurichten gesucht, um bei dem Verladen schwerer Güter rascher und mit geringerem Personal auskommen zu können. Derartige Maschinen müssen aber auch, wie die Rollkrahne in den Montirwerkstätten, drei besondere Bewegungen mit Schnelligkeit ausführen können, nämlich das Heben der Last, die Fortbewegung derselben in der Längsrichtung der Brücke und die Verschiebung in rechtwinkliger Richtung zur Brücke. Es wird daher die Bewegung mittelst Dampf complicirter, als bei den Krahnen mit Säule, wo die Versetzung der Lasten meistens durch die Arbeiter bewirkt wird, und es entstand die Frage, ob man dazu eine einzige Maschine mit dreifacher Transmission und doppelter Ausrückung, oder drei besondere Maschinen, für jede Art der Bewegung eine, anwenden solle. Quillacq hat Beides versucht. Sein erster Dampf-Rollkrahn, welcher in dem Güterschuppen der Nordbahn zu La Villette arbeitet, besitzt drei Dampfcylinder, von denen jeder eine besondere Bewegung bewirkt, und diese seitdem noch mehrfach angewandte Construction bietet große Bequemlichkeiten, außerdem aber noch den Vortheil, daß die Theile des Motors und der Transmissionen gewissermaaßen unabhängig von einander sind, also leicht überwacht, in Stand gehalten und reparirt werden können, ohne besonders geschickte Arbeiter nöthig zu machen. Kann man aber, wie dies auf den Bahnhöfen der Fall ist, über geübte Arbeiter verfügen, so darf man auch einen complicirteren Mechanismus anwenden und dann erscheint die Anwendung einer einzigen Maschine, wie bei dem Rollkrahn der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn zu Marseille, angemessener.

Wir geben auf den Tafeln 10 und 11 Abbildungen dieser beiden Sorten von Dampfrollkrahnen.

Auf Tafel 10 ist ein Rollkrahn mit 10 Tonnen Tragkraft abgebildet, welcher auf den Bahnhöfen der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn zu Marseille und Paris arbeitet.

Fig. 1 giebt einen Längendurchschnitt durch die Mitte in $1/_{60}$ der natürlichen Größe,

Fig. 2 einen Querschnitt durch den Wagen nach der Linie 1—2, gesehen von der Seite der Dampfmaschine, in $1/_{90}$ der natürlichen Größe,

Fig. 3 eine Oberansicht der Brücke, zum Theil nach abgenommener Dielung in $1/_{60}$ der natürlichen Größe,

Fig. 4 einen Querschnitt durch die Brücke in $1/_{30}$ der natürlichen Größe,

Fig. 5 eine Vorderansicht von der Seite der Stellhebel der Maschine,

Fig. 6 ein Detail über die Kettenrolle.

Man ersieht aus diesen Figuren, daß der fragliche Rollkrahn

1. aus einer blechernen, von zwei Böcken getragenen Brücke, auf welcher ein in der Länge der Brücke verschieblicher Wagen läuft,
2. aus einem Bewegungsmechanismus, durch welchen der ganze, von vier Rädern getragene und auf Eisenbahnen stehende Krahn rechtwinklig zur Länge der Brücke verschoben werden kann,
3. aus einer Dampfmaschine mit den nöthigen Organen zur wechselsweisen Hebung der Last, Verschiebung des Wagens auf der Brücke und Verschiebung des ganzen Krahnes auf der Eisenbahn,
4. aus einem horizontalen Röhrenkessel besteht.

Das Gerüst des Rollkrahnes besteht aus der blechernen Brücke A und den beiden Böcken B von Eichenholz, welche auf den vier gußeisernen, mit stählernen Bandagen versehenen Rädern C ruhen und mit der Brücke durch die doppelten blechernen Consolen D und D′ verbunden sind. Die Böcke stehen 12 Meter weit voneinander, so daß mindestens drei Wagen oder Waggons dazwischen Platz haben. Die Brücke selbst ruht auf zwei 16,4 Meter langen, 0,656 Meter hohen Blechträgern von I Form, deren Mittelrippe 6 Millim. stark und mit den beiden 0,3 Met. breiten und

15 Millim. starken Gurtungen durch 9 Millim. starke und 65 Millim. breite Winkeleisen verbunden ist. An den Enden sind diese Blechbalken mittelst blecherner Querrippen b unter sich verbunden, welche aus 6 Millim. starken Mittelrippen und 9 Mill. starken, 65 Mill. breiten Winkeleisen bestehen; der mittlere Raum ist aber behufs der Verschiebung des Wagens frei gelassen und die Blechträger sind hier durch die 10 Mill. starken, 100 Mill. hohen und 70 Mill. breiten T Eisen b' gegen eine Ausbiegung zur Seite verstärkt.

Der Abstand der beiden Blechträger beträgt von Mitte zu Mitte 1 Meter. Auf der äußern Seite derselben und parallel dazu sind zwei 18 Cent. hohe, 10 Cent. breite und 10 Mill. starke I Eisen c angebracht, welche durch 6 Millim. starke blecherne Consolen c' und 9 Mill. starke, 55 Mill. breite Winkeleisen an ersteren befestigt und dazu bestimmt sind, die Ränder der hölzernen Täfelung E zu tragen. Letztere besteht aus zwei schiefen und sich rechtwinklig überschneidenden Lagen Pfosten, welche auf die an den Blechträgern angeschraubten hölzernen Längsschwellen e aufgenagelt sind.

Die vier Consolen D sind einerseits an den inneren Seiten der verticalen Beine B der Böcke, andererseits an den horizontalen Gurtungen der Blechträger der Brücke mittelst zwölf Schrauben an jeder Seite mit Gegenmuttern angeschraubt, wie es der Durchschnitt nach der Linie 3—4 in Fig. 7 in $1/_{10}$ der natürlichen Größe zeigt. Die vier Consolen D' auf der äußeren Seite sind ähnlich construirt, aber nicht so groß.

Auf dieser Brücke und zwar genau über den beiden Hauptblechträgern sind zwei Brunel'sche Schienen befestigt, auf denen die vier Spurkranzräder f des Wagens laufen, deren Axen in Lagern an den beiden gußeisernen Wangen F des Wagens liegen. Diese Wangen sind unter sich durch die gußeiserne Rippe F', zwei starke Bolzen f' und die Axe der Kettenrolle g verbunden. Unten sind sie mit Durchbrechungen versehen, in welchen die zwei gußeisernen Kettenrollen G liegen. Auch trägt der Wagen eine Glocke h (Fig. 2), um den Maschinisten aufmerksam zu machen, wenn die Last im obersten Hube, oder der Wagen am äußersten rechten oder linken Ende der Brücke angelangt ist. Im ersteren Falle hebt nämlich die an der beweglichen Rolle G' befestigte Schale h' das Gewicht H aus, worauf der Hammer an die Glocke schlägt, im zweiten Falle wird durch eine an der Dielung befestigte verticale Stange i (Fig. 2), gegen welche ein am Ende der Axe des Hammers sitzender Hebel anstößt, derselbe Effect erzielt.

Die Kettenrollen G und G' tragen am Umfange Vertiefungen, welche genau den Kettengliedern entsprechen, um einer Verbiegung der Letzteren vorzubeugen.

Die Dampfmaschine ist, wie Fig. 5 zeigt, eine sogenannte Zwillingsmaschine mit 2 Cylindern von 0,2 Met. Durchmesser und 0,2 Met. Hub. Die in angegossenen Lagern am starken gußeisernen Gerüste I' ruhende Kurbelwelle ist natürlich eine doppelt gekröpfte und trägt an dem einen Ende das conische Getriebe J, welches die Welle K und mittelst der kleinen Winkelräder K' die Transmission für die Verschiebung des Krahnes auf den Eisenbahnen des Bodens bewirkt. Dieses Getriebe J sitzt lose auf der Kurbelwelle und bewirkt die Bewegungsübertragung nur, wenn es mittelst der Frictionskuppelung j und der Schwungkurbel j' eingerückt ist.

Am andern Ende der Welle sitzt das Stirnrad L, welches in das größere Rad L' (Fig. 1 und 5) an der Zwischenwelle k greift. Letztere trägt zwei ausrückbare Getriebe, wovon das eine den Mechanismus zum Heben der Lasten, das andere denjenigen zur Verschiebung des Wagens treibt. Beide Bewegungen werden durch gewöhnliche Ketten M, M' übertragen, welche in die geschmiedeten und verstählten Kettenräder m und m' eingreifen.

Geht die Last in die Höhe, so fällt die Kette M in einen blechernen Trog H', wobei sie über die am gußeisernen Gehäuse N des Kettenrades m angebrachte Leitrolle n (Fig. 1 und 6) geht. Die Kette M' braucht weder eine Leitung, noch ein Auffanggefäß, weil sie eine Kette ohne Ende darstellt, die um die Kettenräder m' und n' herumgelegt und an den Enden mittelst Spannschrauben g' an der Mittelrippe F' des Wagens befestigt ist. Der Support N' der Kettenrolle n' ist sehr solid auf den Blechträgern der Brücke befestigt, weil er nicht nur den Zug auszuhalten hat, welchen die Kette M' ausübt, sondern zugleich auch zur Befestigung der Aufzugkette M dient, welche mittelst Bügel und Bolzen über den starken schmiedeeisernen Querstab o geschoben ist.

Die Schieber der Dampfmaschine werden mittelst der Stephenson'schen Coulisse l gesteuert, welche behufs der Regulirung der Geschwindigkeit und des Vor- oder Rückwärtsganges mittelst des Hebels l' verstellt wird. Zum Einlassen des Dampfes in den Schieberkasten O dient der Hebel o', welcher an einem Zahnsector O' hinstreicht.

Ferner sind zwei Bremse vorhanden, wovon der eine zum Anhalten des Wagens auf seinem Platze, der andere zum Aufhalten der schwebenden Last dient. Sind die Getriebe der Zwischenwelle ausgerückt, so ist die Bremsscheibe des ersteren auf der Welle des Kettenrades m' befestigt und der Bremsbacken wird mittelst des zur Rechten des Führerstandes befindlichen Hebels P angezogen (Fig. 5), während der Hebel des andern Bremses sich zur Linken der Maschine befindet und der davon angezogene Bremskranz auf den Umfang der großen Rolle Q an der Zwischenwelle wirkt. Das Ein- und Ausrücken der beiden losen Getriebe erfolgt mittelst der Hebel p, welche der Maschinist mit Hilfe einer mit Gewinde versehenen horizontalen Welle bewegt, indem er an der Kurbel p' rechts- oder linksherum dreht.

Als Dampfgenerator dient ein horizontaler Röhrenkessel Q' von der Einrichtung der Locomotivkessel, welcher am entgegengesetzten Ende des Krahnes steht. Diese Einrichtung verursacht allerdings längere Dampfrohre und etwas Condensationswasser in den Rohren, dient aber zur gleichförmigeren Vertheilung des Gewichtes. Zur Speisung dient die Pumpe q, welche auf der Seite der Maschine am Gerüste befestigt ist und mittelst der hölzernen Lenkerstange q' (Fig. 2 und 5) von einer an dem Stirnrade L' befestigten Warze getrieben wird. An demselben Gerüst ist unter der Pumpe das Wasserbehältniß R angebracht, welches durch den ausblasenden Dampf geheizt werden kann.

Maschine und Kessel sind durch Blechdächer S gegen den Regen geschützt und rings um dieselben befindet sich ein eisernes Geländer. Damit der Heizer nöthigenfalls das Innere der Rauchbüchse des Dampfkessels untersuchen kann, ist am Ende der Brücke ein in die Höhe zu klappender kleiner Tritt T' angebracht, und um die Bedienung soviel als möglich zu vereinfachen, ist die Einrichtung getroffen, daß die Maschine auch das Brennmaterial selbst zufördert. Es wickelt sich nämlich ein Seil U', welches über die Leitrollen s' gelegt ist und beim Kessel durch ein Loch in der Brücke hinabgeht, auf eine Trommel s auf, welche an das auf der Kurbelwelle sitzende Stirnrad L angegossen ist.

Was die Verschiebung des ganzen Rollkrahnes anlangt, so wurde schon erwähnt, daß sie mittelst der Winkelräder J, J' und K' bewirkt werde, wenn der Frictionsconus j eingerückt sei. Das eine conische Rad K' sitzt nämlich am Ende einer horizontalen Welle t, welche längs der Brücke hingeht und aus mehreren, durch die Böckchen t' getragenen und zusammengekuppelten Stücken besteht. Dieselbe treibt mittelst kleiner conischer Rädchen die beiden verticalen Wellen u und u' an beiden Seiten des Gerüstes und Letztere tragen am unteren Ende kleine conische Getriebe v und v', mit welchen sie in die großen conischen Räder V und V' eingreifen, welche an den horizontalen Wellchen x, x' sitzen. Auf diesen Wellen stecken wieder kleine Getriebe y, y', welche in die Stirnräder Y und Y' eingreifen, und in dieser Weise werden zuletzt die Laufräder C umgetrieben.

Bei den Verhältnissen, welche zwischen den Getrieben und Rädern stattfinden, macht das Kettenrad m 0,134 Umgang pro Umgang der Kurbelwelle, wobei sich 0,093 Meter Kette aufwickelt, und da die Kette eine lose Rolle besitzt, so wird bei jedem Umgange der Maschine die Last nur um 0,0465 Meter gehoben. Läßt man nun die Maschine 60 bis 65 Umgänge pro Minute machen, so würden höchstens 3 Minuten erforderlich sein, um eine Last von 10000 Kilogrammen 3 Meter hoch zu heben und diese Geschwindigkeit könnte noch leicht gesteigert werden, da die Dampfmaschine mit 100 Umgängen arbeiten kann.

Was die seitliche Verschiebung anlangt, so macht das Kettenrad m' 0,216 Umgang pro Umgang der Kurbelwelle und wickelt dabei 0,08 Met. Seil auf, folglich rückt der Wagen in der Minute um ca. 8 Meter fort, wenn man die Maschine 100 Umgänge machen läßt.

Endlich ergiebt sich für die Fortbewegung des ganzen Krahnes bei 200 Umgängen eine Geschwindigkeit von 8,7 Metern pro Minute, denn die Räder machen 0,0154 Umgang pro Umgang der Maschine und sind 0,9 Meter hoch.

Das Gewicht dieses Rollkrahnes beträgt 29900 Kilogramme an Eisentheilen und 9100 Kilogramme an Holzmaterialien, zusammen 39000 Kilogramme.

Der zweite auf Taf. 11 dargestellte Dampf-Rollkrahn unterscheidet sich in Bezug auf die Construction des Holzgerüstes nicht von dem soeben beschriebenen, dagegen weist er bezüglich der verschiedenen Bewegungsübertragungen und besonders bezüglich der Wirkungsweise und Disposition der Betriebskraft sehr wesentliche Unterschiede auf, indem der Constructeur von der Anwendung der Ketten abgesehen und dafür Wellen benutzt hat, was eine ganz ruhige und continuirliche Wirkungsweise zur Folge hat.

Wir sehen hier drei besondere Dampfmaschinen, von denen die eine das Anheben der Last mittelst einer Krahnkette und Flaschenzug, die zweite das Verschieben des Wagens in der Längenrichtung der Brücke, und die dritte die Verschiebung des ganzen Krahnes auf der am Boden gelegten Eisenbahn bewirkt. Diese Maschinen stehen sämmtlich auf derselben Grundplatte und sind vertical an dem einen der Böcke des Gerüstes aufgestellt, so daß der Maschinist nicht oben auf der Brücke, sondern auf einer besonderen Bühne nahe über dem Boden steht.

Fig. 1 giebt eine Seitenansicht in $^1/_{60}$ der natürlichen Größe,
Fig. 2 eine Vorderansicht von der Seite der Dampfmaschine aus gesehen in $^1/_{60}$ der natürlichen Größe.

A ist die blecherne Brücke, welche durch die Consolen D und D' mit den hölzernen Böcken B und B' in derselben Weise verbunden ist, als bei dem vorher beschriebenen Krahne.

Die Dampfcylinder I, J und K sind vertical mittelst der Grundplatte L gegen den rechten Bock B des Gerüstes befestigt, weshalb dieser durch einige hölzerne Querriegel noch besonders verstärkt ist.

Das Anheben der Lasten wird folgendermaaßen bewirkt. Der mittlere Cylinder I besitzt einen stärkeren Durchmesser, als die beiden andern Dampfcylinder und seine Kolbenstange treibt mittelst der gegabelten Lenkerstange I' die gekröpfte Kurbelwelle i, welche zwei Schwungräder l und ein Winkelrad i' trägt. Letzteres greift in das Rad l' am untern Ende der stehenden Welle L', welche mittelst des Getriebes m und Winkelrades n die parallel zu den Brückenträgern

hin gelagerte horizontale Welle N treibt. Diese Welle überträgt mittelst des conischen Vorgeleges g, G' die Bewegung an die Haspelwelle G und ruht an den Enden in Lagerständern, welche auf die Brücke aufgeschraubt sind, dazwischen aber in beweglichen und in Gabeln auslaufenden Ständern, welche um Zapfen drehbar sind, damit der Wagen vorbei kann, und die unmittelbar nachher sich wieder aufrichten können.

Das Getriebe g wird ebenfalls vom Wagen mitgenommen und greift daher in jeder Stellung des Wagens in das Rad G' ein; es ist nämlich an einem Muff befestigt, welcher mittelst einer Feder in einer längs der ganzen Welle N hinlaufenden Nuth gleitet und zugleich mit am Wagen befestigt ist.

Der Wagen besteht aus einem auf zwei Axen mit vier Spurkranzrädern f ruhenden hölzernen Rahmen F und läuft auf zwei Brunel'schen Eisenbahnschienen, welche direct über den Längsträgern a der Brücke befestigt sind.

Die Verschiebung des Wagens bewirkt der Dampfcylinder J, dessen Kolbenstange mittelst der Lenkerstange J' die mit einem Schwungrad p und dem conischen Getriebe j' versehene horizontale Welle j in Umdrehung setzt. Von dem Winkelgetriebe j' wird das Rad n an der verticalen Welle M und von Letzterer durch das conische Vorgelege p'P' die horizontale Welle M' in Umdrehung gesetzt. Letztere Welle, welche parallel zur Welle N liegt, ruht, wie diese, an den Enden in feststehenden Lagerböcken und wird dazwischen an zwei gleichförmig vertheilten Punkten mittelst der winkelförmigen Ständer o getragen, welche um eine Axe oscilliren und sie abwechselnd mit dem einen oder andern Arme stützen. Sie ist übrigens mit einem conischen Getriebe m versehen, welches in die Zähne des an einer der Axen des Wagens sitzenden Rades F' eingreift und mittelst eines am Wagen F befestigten Muffes mit Feder längs der in der Welle angebrachten Nuth hingleitet.

Die Verschiebung des ganzen Krahnes erfolgt mittelst des Dampfcylinders K, dessen Kolbenstange K' die kleine mit Schwungrad und Getriebe k' versehene Welle k betreibt. Das Getriebe k' greift in das an der verticalen Welle u sitzende Winkelrad s und letztere Welle, welche am unteren Ende das Getriebe v trägt, bewirkt mittelst des Rades V und des an der Welle des Letzteren sitzenden und in das Stirnrad X eingreifenden Getriebes x die Drehung des Laufrades C. Um ein gleichförmiges Fortrücken zu erzielen, ist auch auf der andern Seite des Rollkrahnes eine solche Transmission angebracht, welche dadurch bewegt wird, daß die verticale Welle u an ihrem obern Ende ein conisches Rädchen s' trägt, welches eine längs der Brücke hingeführte horizontale Welle T betreibt, während letztere Welle mittelst der conischen Räder t' wieder eine verticale Welle u' am entgegengesetzten Bocke bewegt u. s. w.

Eine ähnliche Einrichtung besitzt auch der in Fig. 3 bis 7 auf Tafel 11 dargestellte Krahn zum Ausladen der Schiffe.

Bei demselben werden die drei Bewegungen des Anholens der Last, der Verschiebung des Wagens in der Längsrichtung und der Verschiebung des ganzen Krahnes in der Querrichtung ebenfalls durch drei besondere Dampfmaschinen bewirkt, nur sind dieselben auf der Brücke, an der vom Wasser abgewendeten Seite derselben, aufgestellt.

- Fig. 3 giebt die Seitenansicht dieses Krahnes in $^1/_{120}$ der natürlichen Größe,
- Fig. 4 einen Querdurchschnitt nach der Linie 1—2,
- Fig. 5 eine obere Ansicht der rechten Seite der Brücke mit den drei Maschinen in $^1/_{120}$ der nat. Größe,
- Fig. 6 und 7 Details der Vorgelege, welche die Verschiebung vermitteln.

Wie diese Figuren zeigen, ist das Gerüst dieses Krahnes ganz aus Holz gefertigt. Die Brückenträger bestehen aus drei nebeneinander liegenden und untereinander verschraubten Hölzern A, wovon das mittelste von Eiche ist und 0,4 Met. Höhe bei 0,2 Met. Stärke besitzt, während die beiden andern von Fichte und 0,2 Meter breit sind. Diese Balken werden durch 45 Mill. starke schmiedeeiserne Hängestangen a mit den Consolen b und der Spannvorrichtung a' verstärkt und von zwei eichenhölzernen Böcken B, B' getragen, welche mittelst gußeiserner Consolen b' daran befestigt sind. Die Tragbalken überragen den Bock auf der Wasserseite um 5 bis 6 Meter, damit der Wagen bis senkrecht über das auszuladende Schiff vorgeschoben werden kann. Der Abstand der Balken von einander beträgt 2,9 Meter, damit auch sehr große Colli zwischen den Beinen des Gerüstes hindurch an's Land geschafft werden können. Zur Erleichterung der Handirung befindet sich auf dem Krahn eine durch kleine Consolen von gebogenem Eisen getragene Bühne mit Geländer.

Das Anheben der Lasten geschieht mittelst der eingekehlten Krahnwelle G, welche mit ihren Zapfen in festen Lagern am Wagen ruht, und die diese Bewegung vermittelnde Maschinerie besteht aus einem horizontalen Dampfcylinder I, zwei Paar conischen Vorgelegen i, l, g, G' und der 90 Mill. starken, 18 Met. langen, parallel zur Brücke gelagerten horizontalen Welle N. Das Getriebe g, welches das Rad G' treibt, dreht sich, wie bei dem zuletzt beschriebenen Krahne, in einem derartig am Wagen befestigten Muffe, daß er an der Welle fortgleitet, wenn der Wagen verschoben wird.

Die Maschine J, welche diese Verschiebung bewirkt, liegt horizontal neben dem Dampfcylinder I und treibt ein Getriebe j', welches in das Stirnrad P' an der Axe des Kettenrades m' eingreift. Die Verschiebung in der Länge erfolgt also mittelst der Kette ohne Ende M.

Die Verschiebung des Krahnes auf den Eisenbahngleisen auf dem Quai wird durch vier gußeiserne Laufräder mit schmiedeeisernen Bandagen von 0,85 Meter Durchmesser bewirkt. Zwei sich gegenüberstehende Räder werden nämlich mittelst des Vorgeleges k, s, der horizontalen Welle T, T', der Winkelradvorgelege t, t' und der stehenden Wellen u, u' von dem Dampfcylinder K aus in Umdrehung gesetzt, wozu noch die in den Figuren 6 und 7 ersichtlichen Vorgelege am unteren Ende der Wellen u, u' erforderlich sind. Die horizontale Welle T, T' ist aus zwei übereinander liegenden und mittelst kleiner Stirnräder gekuppelten Wellen zusammengesetzt, um kürzere und weniger starke Wellen zu bekommen.

Alle drei Maschinen werden durch den stehenden Röhrenkessel Q', welcher an dem Bocke unter denselben befestigt ist, gespeist, wodurch dem Ueberreißen von Wasser möglichst vorgebeugt ist und der Vortheil gewonnen wird, daß eine besondere Hebevorrichtung für das Brennmaterial entbehrlich wird. Einer der mit den Collis beschäftigten Arbeiter kann auch die Feuerung mit besorgen und zur Speisung des Kessels dient ein Giffard'scher Injector, welcher aus einem neben dem Kessel stehenden Wasserbassin saugt.

Wenn die Last mittelst einer losen Rolle gehoben wird, so kann dieser Krahn 12000 Kilogramme heben. Der Dampfcylinder des Hebewerkes hat 25 Centim. Durchmesser und sein Kolben macht 25 Centim. Hub, während die effective Dampfspannung 5 Atmosphären betragen kann. Die Kettenwelle hat 0,3 Meter Durchmesser und macht 0,08 Umgang pro Umgang der Maschine, sodaß die Last um 0,038 Meter gehoben wird.

Der Dampfkolben der die Verschiebung des Wagens bewirkenden Maschine hat 0,14 Meter Durchmesser und 0,25 Meter Hub; das Kettenrad macht pro Doppelspiel 0,145 Umdrehung, wobei 0,8 Meter Kette aufgewickelt und also auch der Wagen um soviel verschoben wird.

Die Maschine endlich, welche die Verschiebung des Krahnes bewirkt, hat einen Kolbendurchmesser von 0,2 Meter und einen Hub von 0,25 Meter. Die Laufräder machen pro Umdrehung der Kurbelwelle 0,0384 Umgang, wobei der Krahn um 0,089 Meter verschoben wird.

Von der vorstehend beschriebenen Art von Krahnen arbeiten zwei Exemplare in Paris, der eine am Canal Saint Martin, der andre auf dem Quai de la Cunette, Beide zum Ausladen von Bausteinen. Weiter giebt es auf dem Güterbahnhofe der Nordbahn zu la Chapelle fünf Krahne von ganz gleichem Mechanismus, deren Bau sich nur darin unterscheidet, daß der überhängende Theil der Brücke, welcher zum Vorschieben des Wagens bis über die Schiffe erforderlich ist, bei denselben fehlt.

Derartige Krahne leisten im Allgemeinen doppelt soviel als Krahne, welche per Hand bewegt werden, und zwar mit einem halb so starken Personal. Die Besitzer der Krahne an den oben genannten Canälen bewirken durchschnittlich die Ausladung von 70 Cubikmetern Steine pro Tag und pro Krahn und zwar mit einem sehr geringen Personal.

Maldant in Bordeaux hat auf eigne Gefahr 4 Dampfkrahne aufgestellt und zu deren Betrieb gegen eine Abgabe von 50 Centimes pro Tonne Concession auf 5 Jahre erhalten, während er 1,50 Franc pro Tonne zu verladen oder auszuladen erhielt. Hierbei hat er mehr als 100000 Francs Ueberschuß gemacht und sein Capital höher als zu 20% pro Jahr verzinst.

Die Betriebskosten für einen Dampfkrahn von 1500 Kilogr. Tragkraft belaufen sich nach Maldant unter solchen Umständen

auf 5,00	Francs	für 1 Maschinisten,
3,50	"	" 1 Gehilfen,
2,40	"	" 60 Kilogr. Steinkohle (40 Fr. pro Tonne),
0,90	"	" Unterhaltung und Reparaturen,
1,00	"	" Verschiedenes und Amortisation in 20 Jahren,
12,80	Francs.	

Mit dieser Ausgabe wurden durchschnittlich 100 bis 120 Tonnen (à 1000 Kilogr.) verladen (bei 8 Meter mittlerer Hubhöhe) und es ergiebt sich sonach pro Tonne ein Aufwand von höchstens 12 bis 13 Centimes.

Der Hauptvorzug der Dampfkrahne vor denjenigen mit Menschenbetrieb besteht in der großen Geschwindigkeit beim Anholen der Lasten; denn eine zweipferdige Dampfmaschine leistet, wenn man die Leistung eines Mannes zu 6 Kilogrammen pro Secunde ansetzt, soviel als 25 Menschen, oder soviel als 6 durch je 4 Mann bediente Krahne.

(Armengaud, Publication industrielle. Vol. XVI.)

Die Biegung eines in zwei Punkten unterstützten homogenen prismatischen Meßstabes, sowie die durch dieselbe hervorgebrachte Verkürzung seines Längenmaaßes,

auf möglichst einfache Weise ermittelt

von

Julius Weisbach.

---

§ 1. Wenn ein Meßstab in zwei Punkten aufzuliegen kommt, so wird derselbe in Folge seines Gewichtes so gebogen, daß die Axe desselben eine Curve von constanter Länge, eine sogenannte elastische Linie, bildet. Aufgabe der vorliegenden Abhandlung ist die Untersuchung des Laufes der elastischen Linie in diesem speciellen Falle, so wie die Bestimmung der verschiedenen Durchbiegungen und Ermittelung der Länge von der Horizontalprojection derselben, mit Zuhilfeziehung der einfachsten Sätze der Elasticitätslehre. Den letzten Theil dieser Aufgabe hat schon der berühmte Bessel in der Beilage I. zu der Schrift: „Darstellung der Untersuchungen und Maaßregeln, welche in den Jahren 1835 bis 1838 durch die Einheit des preußischen Längenmaaßes veranlaßt worden sind", gelöst. Da aber Bessel in dieser Abhandlung von einfachen Regeln der Elasticitätslehre, wie sie z. B. in dem Navier'schen „Resumé des leçons sur l'application de la Mécanique, Paris 1833", enthalten sind, keinen Gebrauch macht, sondern den Gegenstand nach Lagrange mit Zugrundelegung des Princips der virtuellen Geschwindigkeiten ganz analytisch behandelt, so sind die Bessel'schen Entwickelungen nicht nur länger, sondern auch für Viele, namentlich für Solche, welche in den Tiefen der Analysis nicht bewandert sind, schwer verständlich.

Aus diesem Grunde glaube ich auch Vielen, namentlich Praktikern, durch die vorliegenden Ergebnisse meiner Entwickelungen einen Dienst zu erweisen und zugleich den wichtigen Resultaten der Bessel'schen Forschungen eine größere Verbreitung zu verschaffen.

§ 2. Von dem in den Punkten B und B unterstützten Meßstab, dessen Längenaxe die elastische Linie ACA, Fig. 1, bildet, wiege jedes Stück von der Länge Eins, q, ferner seien die Abstände CB, CB seines Mittelpunktes C von den Stützpunkten B, B, $= b$, sowie die Länge der freihängenden Endstücke AB, $= c$, und die Länge des ganzen Stabes $= 2\,CBA = 2(b+c), = 2l$. Das ganze Gewicht des Stabes ist dann $= 2ql$, und daher der Druck in jedem der Stützpunkte, oder die Verticalkraft in jedem dieser Punkte, welche dem Gewicht das Gleichgewicht hält, $P = ql = q(b+c)$.

Der Bogen $AB = c$ trägt das Gewicht qc, dessen Schwerpunkt um $\frac{c}{2}$ vom Stützpunkte B absteht; es ist folglich das Biegungsmoment des Stabes im Punkte B:

$$M = qc \cdot \frac{c}{2} = \frac{1}{2}qc^2.$$

Der Bogen ABC von der Länge $b+c$ wiegt $q(b+c)$ und zieht in Hinsicht auf C mit dem Momente

$$q(b+c) \cdot \frac{b+c}{2} = \frac{q(b+c)^2}{2}$$

nieder, wogegen die Kraft $P = q(b+c)$ mit dem Momente

$$Pb = qb(b+c)$$

von unten nach oben wirkt, so daß schlüßlich das Biegungsmoment des Stabes im Punkte C,

$$M_1 = Pb - q\frac{(b+c)^2}{2} = q\left(b(b+c) - \frac{(b+c)^2}{2}\right)$$
$$= \frac{1}{2}q(b^2 - c^2) \text{ ist.}$$

Bezeichnet W das dem Querschnitt des Stabes entsprechende Maaß des Biegungsmomentes, und E den sogenannten Elasticitätsmodul, so läßt sich der Krümmungshalbmesser für B:

$$r = \frac{WE}{M},$$

sowie der für C:

$$r_1 = \frac{WE}{M_1} \text{ setzen.}$$

Soll nun der Stab blos sehr wenig gebogen werden, so müssen die entgegengesetzten Krümmungen in B und C,

folglich auch die Krümmungshalbmesser r und r_1 einander gleich sein, welches $M_1 = M$ bedingt.

Hiernach hat man

$$\frac{1}{2} q (b^2 - c^2) = \frac{1}{2} q c^2, \text{ d. i.}$$

$$b^2 - c^2 = c^2, \text{ und daher}$$

$$b^2 = 2c^2, \text{ oder}$$

$$b = c\sqrt{2}, \text{ ferner}$$

$$l = b + c = (\sqrt{2}+1)\,c, \text{ und}$$

$$c = \frac{l}{1+\sqrt{2}} = (\sqrt{2}-1)\,l = 0{,}414\,l$$

$$= 0{,}207 \,.\, 2l.$$

Es ist also hiernach der Meßstab in den Abständen = 0,207 seiner ganzen Länge von den Enden zu unterstützen.

§ 3. Da die elastische Linie in B und C entgegengesetzt gekrümmt ist, nämlich in B auf- und in C abwärts, so muß innerhalb dieser Punkte ein Wendepunkt K vorkommen, wo Convexität in Concavität übergeht. Jedenfalls ist in diesem Punkte die Biegung, folglich auch das Biegungsmoment, = Null. Bezeichnen wir nun den Abstand BH dieses Punktes K vom Stützpunkte B durch k, so läßt sich das Biegungsmoment in Hinsicht auf diesen Punkt:

$$Pk - \frac{1}{2} q (c+k)^2$$

$$= q\left((c+b)\,k - \frac{1}{2}(c+k)^2\right)$$

$$= \frac{1}{2} q (2bk - k^2 - c^2) \text{ setzen.}$$

Dieses Moment ist Null für

$$k^2 - 2bk = c^2, \text{ d. i. für}$$

$$k = b \pm \sqrt{b^2 - c^2}.$$

Unterstützt man den Stab in dem Punkte B, welcher um $c = b\sqrt{\frac{1}{2}} = (\sqrt{2}-1)\,l$ vom Ende A absteht, wobei die Krümmungen in B und C gleich stark ausfallen, so erhält man

$$k = b \pm \sqrt{\frac{1}{2} b^2} = b \pm c,$$

wo das Pluszeichen den Wendepunkt K_1 der zweiten Hälfte der elastischen Linie ACA angiebt. Hiernach ist auch

$$k = (\sqrt{2}\pm 1)\,c = (\sqrt{2}\pm 1)(\sqrt{2}-1)\,l \text{ entweder}$$

$$= l \text{ oder } = (3 - 2\sqrt{2})\,l$$

$$= 0{,}1716\,l$$

$$= 0{,}0858 \,.\, 2l.$$

§ 4. Für einen Punkt O der Stabaxe innerhalb B und C, dessen Abscisse $CN = x$ ist, hat man das Biegungsmoment

$$M = P(l - c - x) - \frac{1}{2} q (l-x)^2, \text{ oder}$$

da $P = ql$ ist,

$$M = q\left((l-c-x)\,l - \frac{1}{2}(l-x)^2\right)$$

$$= \frac{1}{2} q (l^2 - 2lc - x^2),$$

und hiernach folgt der Krümmungshalbmesser der Stabaxe in O:

$$r = \frac{WE}{M} = \frac{2WE}{q(l^2 - 2cl - x^2)}.$$

Ist die Biegung klein, so läßt sich das Element von x

$$dx = r\,d\varphi,$$

und daher das Element des Krümmungswinkels

$$d\varphi = \frac{dx}{r} = \frac{M\,dx}{WE}$$

$$= \frac{q}{2WE}(l^2 - 2lc - x^2)\,dx$$

setzen, so daß dieser Winkel

$$\varphi = \frac{q}{2WE}\int_0^x (l^2 - 2lc - x^2)\,dx$$

$$= \frac{q}{2WE}\left((l^2 - 2lc)\,x - \frac{1}{3}x^3\right)$$

$$= \frac{q}{6WE}\left(3(l^2 - 2lc)\,x - x^3\right) \text{ ausfällt.}$$

Da die Stabaxe in C horizontal ist, so giebt φ auch die Neigung β derselben in O an.

Setzt man $x = l - c$, so erhält man durch diesen Ausdruck die Neigung dieser Axe in B:

$$\alpha = \frac{q}{2WE}(l-c)\left(l^2 - 2lc - \frac{1}{3}(l-c)^2\right)$$

$$= \frac{q}{6WE}(l-c)(2l^2 - 4lc - c^2), \text{ auch}$$

$$= \frac{q}{6WE}\,b\,(2b^2 - 3c^2), \text{ da } l = b + c \text{ ist.}$$

Soll die Stabaxe im Stützpunkte B horizontal laufen, sich also gar nicht über die Horizontale BB erheben, wobei jedenfalls die Biegung der Axe ebenfalls sehr mäßig ausfällt, so hat man

$$\alpha = 0, \text{ folglich}$$

$$2b^2 = 3c^2, \text{ also } b = c\sqrt{\frac{3}{2}},$$

$$l = b + c = \left(\sqrt{\frac{3}{2}} + 1\right) c \text{ und}$$

$$c = \frac{l}{\sqrt{\frac{3}{2}} + 1} = 2\left(\sqrt{\frac{3}{2}} - 1\right) l = (\sqrt{6} - 2)\,l$$

$$= 0{,}4495\,l = 0{,}22475 \,.\, 2l \text{ zu fordern.}$$

§ 5. Für einen Punkt O_1 außerhalb des Stützpunktes B ist, wenn dessen Abscisse CN_1 durch x_1 bezeichnet wird, das Moment der Biegung

$$M_1 = -\frac{1}{2} q (l-x_1)^2,$$

daher der Krümmungshalbmesser

$$r_1 = \frac{WE}{M_1} = -\frac{2WE}{q(l-x_1)^2},$$

sowie das Element des Krümmungswinkels φ_1,

$$d\varphi_1 = \frac{dx_1}{r_1} = -\frac{q}{2WE}(l-x_1)^2 dx_1,$$

und dieser Winkel selbst:

$$\varphi_1 = -\frac{q}{2WE}\int_{l-c}^{x_1}(l-x_1)^2 dx_1$$

$$= \frac{q}{6WE}(l-x_1)^3 - \frac{q}{6WE}\Big(l-(l-c)\Big)^3$$

$$= -\frac{q}{6WE}\Big(c^3-(l-x_1)^3\Big).$$

Da die Stabaxe im Stützpunkte B unter dem Winkel

$$\alpha = \frac{q(l-c)}{6WE}(2l^2-4lc-c^2)$$

ansteigt, so ist folglich das Ansteigen dieser Axe in O_1:

$$\beta = \alpha + \varphi$$

$$= \alpha - \frac{q}{6WE}\Big(c^3-(l-x_1)^3\Big)$$

$$= \frac{q}{6WE}\Big((l-c)(2l^2-4lc-c^2)-c^3+(l-x_1)^3\Big)$$

$$= \frac{q}{6WE}\Big(2l^3-6l^2c+3lc^2+(l-x_1)^3\Big).$$

Für den Endpunkt A, wo $x_1 = l$ ist, ergiebt sich daher das Ansteigen

$$\beta = \frac{q}{6WE}(2l^3-6l^2c+3lc^2).$$

Ist $6lc > 3c^2+2l^2$, so fällt β negativ aus; es hat also dann das Axenende A, wie in der Figur, eine Neigung abwärts.

Es ist $\beta =$ Null, oder die Axe des Stabstückes AC läuft horizontal in dem Punkte, dessen Abscisse x_1 durch die Gleichung $-(l-x_1)^3 = 2l^3-6l^2c+3lc^2$ bestimmt wird. Ihr zu Folge ist

$$x_1 = l - \sqrt[3]{6l^2c-2l^3-3lc^2}.$$

Setzt man $b = c\sqrt{\frac{3}{2}}$, also $l = \left(\sqrt{\frac{3}{2}}+1\right)c$, so folgt $x_1 = l-c = b$, wie schon in §. 4 gefunden worden ist.

§ 6. Aus dem Neigungswinkel β eines Elementes ds der von der Stabaxe gebildeten elastischen Linie folgt die Horizontalprojection desselben, oder das Abscissenelement

$$dx = ds \,.\, \cos\beta = ds\sqrt{1-(\sin\beta)^2},$$

oder, da β sehr klein ist,

$$dx = ds\Big(1-(\beta)^2\Big)^{1/2} = ds\Big(1-\frac{1}{2}(\beta)^2\Big),$$

und daher die Verkürzung des Elementes, oder die Differenz zwischen dem Elemente und der Horizontalprojection desselben:

$$d\sigma = ds - dx = \frac{1}{2}(\beta)^2 ds' = \frac{1}{2}(\beta)^2 dx.$$

Hiernach folgt nun für das Stabstück CO, dessen Länge $= x$ ist,

$$d\sigma = \frac{1}{2}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2\Big(3l(l-2c)x-x^3\Big)^2 dx$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2 \times$$

$$\Big(9l^2(l-2c)^2x^2-6l(l-2c)x^4+x^6\Big)dx,$$

und daher die Verkürzung selbst

$$\sigma = \frac{1}{2}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2 \times$$

$$\Big(3l^2(l-2c)^2x^3-\frac{6}{5}l(l-2c)x^5+\frac{1}{7}x^7\Big).$$

Setzt man hierin $x = l-c$, so erhält man schlüßlich die Verkürzung des ganzen Stabstückes $C\acute{B}$:

$$\sigma_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2\Big(3l^2(l-2c)^2(l-c)^3-\frac{6}{5}l(l-2c)(l-c)^5+\frac{1}{7}(l-c)^7\Big)$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2(l-c)^3\Big(\frac{68}{35}l^4-\frac{272}{35}l^3c+\frac{48}{7}l^2c^2+\frac{64}{35}lc^3+\frac{1}{7}c^4\Big)$$

$$= \frac{1}{70}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2(l-c)^3(68l^4-272l^3c+240l^2c^2+64lc^3+5c^4)$$

$$= \frac{1}{70}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2(68l^7-476l^6c+1260l^5c^2-1540l^4c^3+805l^3c^4-63l^2c^5-49lc^6-5c^7).$$

Ebenso hat man für das Endstück AB die Verkürzung eines Elementes, dessen Abscisse $CN_1 = x_1$ ist,

$$d\sigma = \frac{1}{2}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2\Big(2l^3-6l^2c+3lc^2+(l-x_1)^3\Big)^2 dx_1$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2\Big((2l^3-6l^2c+3lc^2)^2+2(2l^3+6l^2c+3lc^2)(l-x_1)^3+(l-x_1)^6\Big)dx_1$$

und daher die Verkürzung selbst, da hier das Integral zwischen den Grenzen $x = l - c$ und $x = l$ zu nehmen ist,

$$\sigma_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2\left((2l^3 - 6l^2c + 3lc^2)^2c + \frac{1}{2}(2l^3 - 6l^2c + 3lc^2)c^4 + \frac{1}{7}c^7\right)$$
$$= \frac{1}{2}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2\left(4l^6c - 24l^5c^2 + 48l^4c^3 - 35l^3c^4 + 6l^2c^4 + \frac{3}{2}lc^6 + \frac{1}{7}c^7\right).$$

Durch Vereinigung dieser beiden Verkürzungen, und Verdoppelung der dadurch erhaltenen Summe erhält man schließlich die Verkürzung des ganzen Meßstabes:

$$2\sigma = 2(\sigma_1 + \sigma_2) = \frac{1}{70}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2\left\{\begin{array}{l} 136l^7 - 952l^6c + 280l^6c \\ + 2520l^5c^2 - 1680l^5c^2 \\ - 3080l^4c^3 + 3360l^4c^3 \\ + 1610l^3c^4 - 2450l^3c^4 \\ - \ \ 126l^2c^5 + \ \ 420l^2c^5 \\ - \ \ \ \ 98lc^6 + \ \ 105lc^6 \\ - \ \ \ \ 10c^7 + \ \ \ \ 10c^7 \end{array}\right\}$$

$$= \frac{1}{70}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2(136l^7 - 672l^6c + 840l^5c^2 + 280l^4c^3 - 840l^3c^4 + 294l^2c^5 + 7lc^6)$$

oder, nach Bessel:

$$2\sigma = \frac{1}{10}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2\left(\frac{136}{7} - 96\frac{c}{l} + 120\left(\frac{c}{l}\right)^2 + 40\left(\frac{c}{l}\right)^3 - 120\left(\frac{c}{l}\right)^4 + 42\left(\frac{c}{l}\right)^5 + \left(\frac{c}{l}\right)^6\right)l^7.$$

§ 7. Der letzte Ausdruck ist, wenn man $\frac{c}{l}$ durch x bezeichnet, mit

$$-96x + 120x^2 + 40x^3 - 120x^4 + 42x^5 + x^6$$

zugleich ein Minimum, und zwar, wie durch ein einfaches Differentiiren gefunden wird, für

$$-96 + 240x + 120x^2 - 480x^3 + 210x^4 + 6x^5 = 0,$$

oder einfacher,

$$-16 + 40x + 20x^2 - 80x^3 + 35x^4 + x^5 = 0.$$

Nimmt man $x = 0{,}5$ an, so erhält man

$$-16 + 20 + 5 - 10 + 2{,}10 + 0{,}03 = 1{,}21,$$

setzt man dagegen $x = 0{,}4$, so folgt

$$-16 + 16 + 3{,}2 - 5{,}12 + 0{,}90 + 0{,}01 = -1{,}01.$$

Hiernach ist der erste Näherungswerth

$$x_1 = \frac{1{,}21 . 0{,}5 + 1{,}01 . 0{,}4}{1{,}21 + 1{,}01} = \frac{1{,}009}{2{,}22} = 0{,}45.$$

Nun giebt die bekannte Näherungsformel

$$x = \frac{4x_1^5 + 3ax_1^4 + 2bx_1^3 + cx_1^2 - e}{5x_1^4 + 4ax_1^3 + 3bx_1^2 + 2cx_1 + d},$$

welche der Gleichung

$$x^5 + ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e = 0$$

entspricht, indem man

$a = 35$, $b = -80$, $c = 20$, $d = 40$ und $e = -16$

setzt und $x_1 = 0{,}45$ annimmt, genauer

$$x = \frac{4x_1^5 + 105x_1^4 - 160x_1^3 + 20x_1^2 + 16}{5x_1^4 + 140x_1^3 - 240x_1^2 + 40x_1 + 40} = 0{,}4405.$$

Durch nochmalige Anwendung dieser Formel, wobei man $x = 0{,}4405$ einsetzt, folgt hinreichend genau

$x = 0{,}44062$, also $c = 0{,}44062\,l$.

Es ist also die Verkürzung des Meßstabes am kleinsten, wenn man die Stützpunkte um $0{,}22031 . 2l$ von den Enden abstehen läßt, wie auch Bessel auf Seite 132 der am Eingang citirten Schrift findet.

Setzt man nun in die Formel

$$\sigma = \frac{l^7}{10}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2\left(\frac{136}{7} - 96\frac{c}{l} + 120\left(\frac{c}{l}\right)^2 + 40\left(\frac{c}{l}\right)^3 - 120\left(\frac{c}{l}\right)^4 + 42\left(\frac{c}{l}\right)^5 + \left(\frac{c}{l}\right)^6\right)$$

den gefundenen Werth $x = \frac{c}{l} = 0{,}44062$ ein, so giebt dieselbe die gesuchte kleinste Verkürzung:

$$2\sigma = \frac{l^7}{10}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2\left\{\begin{array}{l} \ \ 19{,}4286 \\ -42{,}2994 \\ +23{,}2975 \\ + \ \ 3{,}4218 \\ - \ \ 4{,}5231 \\ + \ \ 0{,}6975 \\ + \ \ 0{,}0072 \end{array}\right\} = \left(\frac{q}{6WE}\right)^2 . 0{,}00301\,l^7 = 0{,}0000836\left(\frac{q}{WE}\right)^2 l^7.$$

§ 8. Wird dagegen der Meßstab an beiden Enden aufgelegt, wobei $c = 0$ ist, so fällt die Verkürzung desselben:

$$2\sigma = \left(\frac{q}{6WE}\right)^2 \cdot \frac{136}{70} l^7$$
$$= \left(\frac{q}{6WE}\right)^2 . 1{,}943\, l^7$$
$$= 0{,}05397 \left(\frac{q}{WE}\right)^2 l^7,$$

also $\frac{1{,}943}{0{,}00301} = 645$ mal so groß aus als die Minimalverkürzung. Legt man ferner den Meßstab nur in der Mitte auf, wobei $c = l$ ist, so fällt die Verkürzung

$$2\sigma = \frac{1}{10}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2 \times$$
$$\left(\frac{136}{7} - 96 + 120 + 40 - 120 + 42 + 1\right) l^7$$
$$= \left(\frac{q}{6WE}\right)^2 . 0{,}643\, l^7$$
$$= 0{,}01786 \left(\frac{q}{WE}\right)^2 l^7,$$

also doch noch $\frac{643}{3{,}01} = 214$ mal so groß aus, als wenn der Meßstab in Punkten unterstützt ist, welche um 0,2203 der ganzen Stablänge von den Enden abstehen.

§ 9. Während bei der Biegung eines Stabes die Länge der Axe desselben unverändert bleibt, fällt dagegen die convexe Seitenlänge desselben verlängert und die concave Seitenlänge verkürzt aus. Bezeichnet e, Fig. 2, den Abstand D der oberen Begrenzungsfläche DK des Stabes von der Axe AC desselben, und β den Neigungswinkel der Stabaxe im Endpunkte A, so ist unter der Voraussetzung, daß die Endfläche DE des Stabes normal auf der Axe desselben steht, die horizontale Verschiebung des Endpunktes D der gedachten Fläche über den Endpunkt A der Axe ABC:

$$D_1 D = \lambda_1 = e\beta \text{ (nach § 5)}$$
$$= \frac{qe}{6WE}(2l^3 - 6l^2c + 3lc^2)$$
$$= -\frac{qe}{6WE}(6l^2c - 2l^3 - 3lc^2)$$

zu setzen.

Diese Verschiebung verschwindet

für $3c^2 - 6lc = -l^2$, d. i.

für $c = l\left(1 - \sqrt{\frac{1}{3}}\right)$, also

für $b = l\sqrt{\frac{1}{3}} = 0{,}57735\, l$ und

" $c = 0{,}42265\, l$
$= 0{,}21132 . 2l$.

Ist $c < 0{,}42265\, l$, so fällt, wie Fig. 2 darstellt, β positiv aus, ist dagegen

$$c > 0{,}42265\, l,$$

so wird, wie Fig. 3 vor Augen führt, β negativ.

Im ersteren Falle findet eine Verkürzung, im zweiten dagegen eine Verlängerung der oberen Stabseite DK statt.

Vereinigt man diese Längenveränderung mit der § 6 gefundenen Verkürzung der Stabaxe durch Addition, so erhält man die ganze Verkürzung der oberen Seite des Stabes oder die Größe, um welche das Längenmaaß der oberen Seite des gebogenen Meßstabes kleiner ist als die Länge des ungebogenen Stabes:

$$\lambda = 2(\lambda_1 + \sigma)$$
$$= \frac{qe}{3WE}(2l^3 - 6l^2c + 3lc^2)$$
$$+ \frac{1}{10}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2 \left(\frac{136}{7} - 96\frac{c}{l} + 120\left(\frac{c}{l}\right)^2\right.$$
$$\left. + 40\left(\frac{c}{l}\right)^3 - 120\left(\frac{c}{l}\right)^4 + 42\left(\frac{c}{l}\right)^5 + \left(\frac{c}{l}\right)^6\right) l^7.$$

Um diese Längenveränderung sehr klein zu machen, genügt es, das erste Glied dieses Ausdrucks Null zu setzen, also $c = l\left(1 - \sqrt{\frac{1}{3}}\right) = 0{,}42265\, l$
$= 0{,}21132 . 2l$ zu machen.

Durch Auflösung der Gleichung

$$2l^2 - 6lc + 3c^2 + \frac{1}{20}\left(\frac{q}{6WE}\right)\left(\frac{136}{7} l^6 - 96 c l^5\right.$$
$$\left. + 120 c^2 l^4 + 40 c^3 l^3 - 120 c^4 l^2 + 42 c^5 l + c^6\right)$$
$$= 0,$$

erhält man auch denjenigen Werth von c, bei welchem die Differenz zwischen dem Längenmaaß und der Axe des Stabes Null ist.

§ 10. Wird ein Längenmaaß durch zwei Striche auf der oberen Fläche des Meßstabes angegeben, so ist die Veränderung desselben bei Auflegung des Stabes in zwei festen Punkten, wie folgt, zu ermitteln. Ist d die Entfernung eines solchen Striches von der Endfläche, also $l - d$ die Entfernung desselben von der Mitte des Stabes, so hat man nach § 5, wenn man $x_1 = l - d$ einsetzt, die Neigung der Stabaxe unmittelbar unter dem Striche:

$$\beta = \frac{q}{6WE}(2l^3 - 6l^2c + 3lc^2 + d^3)$$

und daher die horizontale Verschiebung des Striches nach innen:

$$\lambda_1 = \beta e = \frac{qe}{6WE}(2l^3 - 6l^2c + 3lc^2 + d^3).$$

Die Verkürzung des inneren Axenstückes $l - c$ bleibt, wie in § 6 gefunden worden ist,

$$\sigma_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2 \left(3l^2(l-2c)^2 - \frac{6}{5}l(l-2c)(l-c)^2 + \frac{1}{7}(l-c)^4\right)(l-c)^3.$$

Die Verkürzung des äußeren Stabarenstückes, dessen Länge c—d mißt, wird bestimmt, wenn man in der Formel für σ_2 in §. 6 statt c, d einführt und den erhaltenen Ausdruck von ersterem subtrahirt. Es folgt so

$$\sigma_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2 \left((2l^3-6l^2c+3lc^2)^2(c-d) + \frac{1}{2}(2l^3-6l^2c+3lc^2)(c^4-d^4) + \frac{1}{7}(c^7-d^7)\right),$$

und daher die Verkürzung des ganzen Meßstabes:

$$\begin{aligned}\lambda = 2(\lambda_1+\sigma_1+\sigma_2) = {} & \frac{qe}{3WE}(2l^3-6l^2c+3lc^2+d^3) \\ & + \left(\frac{q}{6WE}\right)^2 \Big((3l^2(l-2c)^2 - \frac{6}{5}l(l-2c)(l-c)^2 + \frac{1}{7}(l-c)^4(l-c)^3 \\ & + l^2(2l^2-6lc+3c^2)^2(c-d) + \frac{1}{2}(2l^2-6lc+3c^2)(c^4-d^4) + \frac{1}{7}(c^7-d^7)\Big).\end{aligned}$$

Um wenigstens das erstere Glied auf Null zurückzuführen, ist

$$c^2 - 2lc = -\frac{2l^3+d^3}{3l}, \text{ folglich } c = l\left(1-\sqrt{\frac{1}{3}\left(1-\left(\frac{d}{l}\right)^3\right)}\right)$$
$$= l\left(1-\sqrt{\frac{1}{3}}\sqrt{1-\left(\frac{d}{l}\right)^3}\right) \text{ zu machen.}$$

Durch Auflösung der Gleichung

$$2(2l^3-6l^2c+3lc^2+d^3) + \frac{q}{6WE}\left\{\begin{array}{l}\left(3l^2(l-2c)^2 - \frac{6}{5}l(l-2c)(l-c)^2 + \frac{1}{7}(l-c)^4\right)(l-c)^3 \\ + l^2(2l^2-6lc+3c^2)^2(c-d) \\ + \frac{1}{2}(2l^2-6lc+3c^2)(c^4-d^4) \\ + \frac{1}{7}(c^7-d^7)\end{array}\right\} = 0$$

in Hinsicht auf c erhält man den Abstand der Stützpunkte von den Stangenenden, wobei das durch zwei Striche auf dem Meßstab angegebene Längenmaaß eine Veränderung beim Auflegen nicht erleidet.

Ist endlich noch d größer als c, fallen also die Striche zwischen die Stützpunkte, so hat man nach §. 4 die Neigung der Stabare unmittelbar unter den Strichen:

$$\beta = \frac{q}{6WE}\left(3(l^2-2lc)(l-d)-(l-d)^3\right),$$

sowie die Verkürzung des Arenstückes l—d, nach §. 6:

$$\sigma_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{q}{6WE}\right)^2\left(3l^2(l-2c)^2(l-d)^3 - \frac{6}{5}l(l-2c)(l-d)^5 + \frac{1}{7}(l-d)^7\right),$$

und daher die Verkürzung des ganzen Meßstabes:

$$\begin{aligned}\lambda = 2(\beta e+\sigma_1) = {} & \frac{qc}{3WE}\left(3(l^2-2lc)(l-d)-(l-d)^3\right) \\ & + \left(\frac{q}{6WE}\right)^2\left(3l^2(l-2c)^2(l-d)^3 - \frac{6}{5}l(l-2c)(l-d)^5 + \frac{1}{7}(l-d)^7\right).\end{aligned}$$

Erstes Beispiel. Wenn ein Meßstab aus Tannenholz von 3 Meter Länge, 48 Millimeter Breite und 58 Millimeter Höhe auf 2 Stützen aufgelegt wird, welche 0,22 der ganzen Länge = 0,66 Meter von den Enden abstehen, welches ist die Verkürzung der Are und die Verlängerung der oberen Fläche desselben?

Es ist hier $l = 1500$ Millimeter, $E = 1200$ Kilogr., ferner, das specifische Gewicht des Tannenholzes, $\varepsilon = 0{,}45$ angenommen, $q = \frac{48.58.1.450}{1000000000} = 0{,}0012528$ Kilogr. und $W = \frac{bh^3}{12} = \frac{48.58^3}{12} = 4.58^3 = 780448$, daher die gesuchte Verkürzung der Stabare:

$$2\sigma = 0{,}0000836\left(\frac{q}{WE}\right)^2 l^7 = 0{,}0000836\left(\frac{0{,}0012528}{780448.1200}\right)^2.1500^7 = 0{,}000002556 \text{ Meter.}$$

Sind bei Ausmessung einer Standlinie von 3492 Meter Länge 1164 Stablagen nöthig, so ist demnach die Verkürzung dieser Linie in Folge ihrer Axenbiegung

$$0{,}00255 \,.\, 1164 = 0{,}002975 \text{ Millimeter.}$$

Ferner ist $e = \frac{h}{2} = \frac{58}{2} = 29$ Millimeter,

$$c = 0{,}44 \,.\, l = 0{,}44 \,.\, 1500 = 660 \text{ Millimeter,}$$

und $2l^3 - 6l^2c + 3lc^2 = \left(2 \,.\, 6 \,.\, 0{,}44 + 3 \,.\, (0{,}44)^2\right) l^3$

$$= (2 \,.\, 2{,}64 + 0{,}5808)\, l^3 = -0{,}0592\, l^3,$$

daher folgt die Verschiebung der oberen Stabfläche über die Axe:

$$2\lambda = \frac{qc}{3WE}(2l^3 - 6l^2c + 3lc^2)$$

$$= -\frac{0{,}0012528 \,.\, 29 \,.\, 0{,}0592 \,.\, 1500^3}{3 \,.\, 780448 \,.\, 1200}$$

$$= -0{,}0025836 \text{ Millimeter.}$$

Bei einer Länge von 1164 Stäben ist die entsprechende Verlängerung:

$$0{,}0025836 \,.\, 1164 = 3{,}0073 \text{ Millimeter,}$$

und hiervon die oben gefundene Verkürzung 0,0030 Millimeter in der Axe abgezogen, bleibt die Verlängerung der ganzen Linie von 3494 Metern,

$$\lambda = 3{,}0043 \text{ Millimeter.}$$

Hätte man die Stäbe an den Enden aufgelegt, so würde in Folge des Neigens der Endflächen die obere Fläche des Meßstabes um

$$2\lambda = \frac{2ql^3e}{3WE} = \frac{2 \,.\, 0{,}0012528 \,.\, 29 \,.\, 1500^3}{3 \,.\, 780448 \,.\, 1200}$$

$$= 0{,}087284 \text{ Millimeter,}$$

also bei 1164 Stablagen die ganze Linie um

$$= 0{,}087284 \,.\, 1164 = 101{,}60 \text{ Millimeter}$$

verkürzt werden. Da überdies dann die Verkürzung der Axe

$$645 \,.\, 0{,}002975 = 1{,}919 \text{ Millimeter}$$

betragen würde, so wäre dann die ganze Verkürzung der gemessenen Linie:

$$= 103{,}52 \text{ Millimeter.}$$

Zweites Beispiel. Wenn man die vorigen Meßstäbe in Bretgehäusen DDEE, wie Fig. 4 im Querschnitt darstellt, einschließt, so fallen die Veränderungen der Maaßlängen der Stäbe anders aus.

Die äußere Seitenlänge des Kastenquerschnittes ist 118,0, und die innere 70,8 Millimeter, folglich mißt der Querschnitt des Kastens:

$$F_1 = 118^2 - 70{,}8^2 = 8911{,}4;$$

hierzu den Querschnitt des Stabes:

$$F_2 = 48 \,.\, 58 = 2784{,}0$$

addirt, erhält man den Querschnitt des Ganzen:

$$F = 11695{,}4 \text{ Quadratmillimeter,}$$

und das Gewicht des laufenden Millimeters armirten Maaßstabes:

$$q = \frac{11695{,}4 \,.\, 450}{1000000000} = 0{,}0052629 \text{ Kilogramm.}$$

Der Schwerpunkt des Kastens steht um $\frac{118}{2} = 59$, und der des Maaßstabes um $23{,}6 + \frac{58}{2} = 52{,}6$ Millimeter von der oberen Kante AB desselben ab, folglich ist der Schwerpunkt des Ganzen von eben dieser Linie entfernt um:

$$z = \frac{59F_1 + 52{,}6F_2}{F_1 + F_2} = \frac{672210}{11695{,}4} = 57{,}48 \text{ Millimeter.}$$

Nun folgt der Abstand der oberen Fläche des Meßstabes von der neutralen Axe des Ganzen:

$$e = 57{,}48 - 23{,}60 = 33{,}88 \text{ Millimeter,}$$

ferner der Abstand des Schwerpunktes des Gehäuses von dem des Ganzen oder der neutralen Axe

$$d_1 = \frac{118}{2} - 57{,}48 = 59 - 57{,}48 = 1{,}52 \text{ Millimeter,}$$

und der Abstand des Stangenquerschnittes von eben dieser Axe:

$$d_2 = 33{,}88 - \frac{58}{2} = 4{,}88 \text{ Millimeter.}$$

Da ferner noch für das Gehäuse

$$W_1 = \frac{118^4 - 70{,}8^4}{12} = 14062600 \text{ und}$$

$$F_1 d_1^2 = 8911{,}4 \,.\, (1{,}52)^2 = 20589,$$

sowie für den Meßstab allein

$$W_2 = \frac{48 \,.\, 58^3}{12} = 780448 \text{ und}$$

$$F_2 d_2^2 = 2784 \,.\, (4{,}88)^2 = 66299 \text{ ist,}$$

so folgt für das Ganze:

$$W = W_1 + F_1 d_1^2 + W_2 + F_2 d_2^2 = 14929936,$$

und hiernach die Verschiebung der oberen Fläche des Meßstabes:

$$2\lambda = \frac{qe}{3WE}(2l^3 - 6l^2c + 3lc^2)$$

$$= -\frac{3{,}0052629 \,.\, 33{,}88 \,.\, 0{,}0592 \,.\, 1500^3}{3 \,.\, 14929936 \,.\, 1200}$$

$$= -0{,}0006628 \text{ Millimeter,}$$

sowie die ganze Verlängerung bei 1164 Lagen, oder einer Länge von 3492 Metern,

$$0{,}0006628 \,.\, 1164 = 0{,}77145 \text{ Millimeter.}$$

Die Verkürzung in Folge der Axenbiegung ist dagegen

$$2\sigma = 0{,}0000836 \left(\frac{q}{WE}\right)^2 l^7$$

$$= 0{,}0000836 \left(\frac{0{,}0052629}{14929936 \,.\, 1200}\right)^2 . \, 1500^7$$

$$= 0{,}0000001232 \text{ Millimeter,}$$

also für 1164 Stablagen:

$$= 0{,}00014 \text{ Millimeter};$$

demnach ist die noch übrig bleibende Verlängerung der ge**messenen** Linie:

$$0{,}77145 - 0{,}00014 = 0{,}77131 \text{ Millimeter}.$$

Wenn der Meßstab nicht fest mit dem Gehäuse ver**bunden ist**, sondern wie gewöhnlich nur mittels Stegen auf **dem Boden** desselben aufruht und sich folglich in dem Ge**häuse verschieben** kann, so findet eine Vereinigung der **neutralen Axen** des Stabes und Gehäuses zu einer einzigen **Axe nicht** statt, und es ist daher das Maaß des Biegungs**momentes**

$$W = W_1 + W_2$$
$$= 14062600 + 780448 = 14843048.$$

Auch ist hier unter e der Abstand der oberen Fläche des **Stabes** zu verstehen, und daher $e = 29$ Millimeter zu setzen.

Dies vorausgesetzt, erhält man für diesen Fall die **Verschiebung** der oberen Fläche des Meßstabes:

$$2\lambda = \frac{qe}{3WE}(2l^3 - 6l^2c + 3lc^2)$$
$$= -\frac{0{,}0052629 \,.\, 29 \,.\, 0{,}0592 \,.\, 1500^3}{3 \,.\, 14843048 \,.\, 1200}$$
$$= -\frac{0{,}0017543 \,.\, 2{,}5085 \,.\, 1500^2}{14843048}$$
$$= -0{,}00057068 \text{ Millimeter};$$

und es ist die entsprechende Verlängerung der gemessenen **Länge** von 3492 Meter:

$$0{,}00057068 \,.\, 1164 = 0{,}66426 \text{ Millimeter}.$$

Dagegen mißt die Verkürzung der Stabaxe in Folge **der Biegung** des Stabes:

$$2\sigma = 0{,}0000836 \left(\frac{q}{WE}\right)^2 l^7$$
$$= 0{,}0000836 \left(\frac{0{,}0052629}{14843048 \,.\, 1200}\right)^2 . \, 1500^7$$
$$0{,}0000001247 \text{ Millimeter};$$

es ist daher die Verkürzung der ganzen Linie:

$$0{,}0000001247 \,.\, 1164 = 0{,}0001451 \text{ Millimeter},$$

und es bleibt schlüßlich die ganze Verlängerung der ge**messenen** Linie:

$$0{,}66426 - 0{,}00014 = 0{,}66412 \text{ Millimeter}.$$

Diese wahre Länge der gemessenen Linie ist also nur **um** 0,6641 Millimeter kleiner als die durch die Ausmessung **gefundene** Länge.*)

*) Mit 3 auf die angegebene Weise eingehüllten Meßstäben ist vom Herrn Professor A. Nagel in Dresden im Jahre 1860 die 3492,3258 Meter lange Standlinie für die Triangulirung des erzgebirgischen Kohlenbeckens ausgemessen worden. S. das Programm der polytechnischen Schule zu Dresden 1861.

§ 11. Mit Hilfe der Tangentengleichung

$$\beta = \frac{q}{6WE}\left(3(l^2 - 2lc)x - x^3\right)$$

der elastischen Linie COB, Fig. 1, welche von der Axe des Meßstabes gebildet wird, läßt sich nun die Gleichung dieser Linie selbst finden. Es ist bekanntlich für das Element der Ordinate $NO = y$ der Curve:

$dy = dx.\tang\beta$, oder, wenn β sehr klein ist,

$$dy = \beta . dx$$
$$= \frac{q}{6WE}\left(3(l^2 - 2lc)x - x^3\right)dx.$$

Hiernach bestimmt sich nun durch Integriren die gesuchte Coordinatengleichung des Curvenstückes CB:

$$y = \frac{q}{6WE}\left(\frac{3}{2}(l - 2c)lx^2 - \frac{1}{4}x^4\right)$$
$$= \frac{q}{24WE}\left(6(l - 2c)l - x^2\right)x^2.$$

Setzt man hier $x = l - c$ ein, so erhält man die Bogenhöhe in B:

$$BB_0 = a = \frac{q}{24WE}\left(6(l - 2c)l - (l - c)^2\right)(l - c)^2$$
$$= \frac{q}{24WE}(5l^2 - 10lc - c^2)(l - c)^2.$$

Ist $l > 2c$, oder $c < \frac{l}{2}$, so zieht sich die Curve von C aus über der Abscissenaxe, außerdem aber läuft sie unter derselben hin. Die Ordinate a fällt im Stützpunkte B gleich Null aus für

$c^2 + 10lc = 5l^2$, d. i. wenn

$c = (\sqrt{30} - 5)l = 0{,}4772 l$ ist.

Ist $c > \frac{l}{2}$, so fällt die Ordinate in O

$$a = -\frac{q}{24WE}\left(6(2c - l)l + (l - c)^2\right)(l - c)^2$$
$$= -\frac{q}{24WE}(10cl - 5l^2 + c^2)(l - c)^2 \text{ aus.}$$

Für $c = \frac{l}{2}$ hat man $y = -\frac{qx^4}{24WE}$,

also im Stützpunkte B die Bogenhöhe

$$a = -\frac{q(l - c)^3}{24WE} = -\frac{ql^4}{384WE}.$$

§ 12. Für einen Punkt O_1 des äußeren Stückes BA der elastischen Linie CBA hat man

$$\beta = \frac{q}{6WE}\left(2l^3 - 6l^2c + 3lc^2 + (l - x_1)^3\right),$$

wenn x_1 die Abscisse CN_1 dieses Punktes bezeichnet. Daher ist das Element dy_1 der entsprechenden Ordinate $N_1O_1 = y_1$,

$$dy_1 = \frac{q}{6WE}\left(2l^3 - 6l^2c + 3lc^2 + (l-x_1)^3\right)dx_1$$

und die Ordinate selbst:

$$y_1 = \frac{q}{6WE}\left((2l^3 - 6l^2c + 3lc^2)x_1 - \frac{(l-x_1)^4}{4}\right) + Const.$$

Da für $x_1 = l - c$, $y_1 = a$ ist, so hat man auch

$$a = \frac{q}{6WE}\left((2l^3 - 6l^2c + lc^2)(l-c) - \frac{c^4}{4}\right) + Const.$$

und daher

$$y_1 - a = \frac{q}{6WE}\left((2l^3 - 6l^2c + 3lc^2)(x_1 - l + c) + \frac{c^4 - (l-x_1)^4}{4}\right).$$

Verlegt man den Coordinatenanfangspunkt von C nach B, so kann man $x_1 - l + c = x_2$ und $y_1 - a = y_2$ setzen, so daß einfacher

$$y_2 = \frac{q}{6WE}\left(2l^3 - 6l^2c + 3lc^2\right)x^2 + \frac{c^4 - (c-x_2)^4}{4}\Big) \text{ folgt.}$$

Setzt man $x_2 = c$, so giebt y_2 die Bogenhöhe A_0A im Endpunkt A:

$$a_2 = \frac{q}{6WE}\left((2l^3 - 6l^2c + 3lc^2)c + \frac{c^4}{4}\right)$$

$$= \frac{qc}{24WE}(8l^3 - 24l^2c + 12lc^2 + c^3) \text{ an.}$$

Diese Bogenhöhe ist $= 0$ für

$$c^3 + 12lc^2 - 24l^2c + 8l^3 = 0, \text{ d. i.}$$

$$\text{für } c = 0{,}4285\,l.$$

Ist $c = l$, liegt also der Meßstab nur in der Mitte auf, so hat man die Durchbiegung an den Enden,

$$= \frac{3qc^4}{24WE} = \frac{ql^4}{8WE};$$

wogegen für $c = 0$, also bei einem an den Enden unterstützten Balken, die Durchbiegung in der Mitte:

$$a = \frac{q}{24WE}.5l^4 = \frac{5}{24}\frac{ql^4}{WE} \text{ ausfällt.}$$

§ 13. Die Biegungsverhältnisse eines in zwei Punkten unterstützten Meßstabes lassen sich durch folgende graphische Darstellungen am besten übersehen.

Wenn man das Biegungsmoment eines Punktes O des Axenstückes CB, Fig. 1 als die Ordinate z und den entsprechenden Abstand CN von der Mitte C als die zugehörige Absciffe einer Curve ansieht, so hat man, nach §. 4, für dieselbe folgende Gleichung

$$z = \frac{1}{2}q(l^2 - 2lc - x^2),$$

oder, wenn man noch $c = ml$ und $x = ul$ einführt,

$$z = \frac{1}{2}ql^2(1 - 2m - u^2).$$

Läßt man den Stab an beiden Enden aufruhen, so ist $m = 0$, und daher die Momentengleichung

$$z = \frac{1}{2}ql^2(1 - u^2).$$

Dieselbe giebt, wenn man $u = 0$ setzt, die das Biegungsmoment in der Mitte C messende Ordinate (Fig. 5):

$$CD = f = \frac{1}{2}ql^2;$$

es ist daher allgemein auch

$$z = f(1 - 2m - u^2) \text{ zu setzen.}$$

Die folgende Tabelle I. giebt für die Werthe 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 u. s. w. des Verhältnisses m die den Absciffen $u = 0$; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 u. s. w. entsprechenden Werthe von z an, wobei der Abstand f in der Mitte C, $= \frac{1}{2}$ angenommen worden ist.

Ebenso läßt sich das Biegungsmoment in einem Punkte O_1 des äußeren Stabstückes AB, Fig. 1, als die Ordinate z_1 einer Curve ansehen, deren Absciffe der Abstand des Punktes von der Mitte C ist.

Die entsprechende Gleichung hat man nach §. 5,

$$z_1 = -\frac{1}{2}q(l - x_1)^2,$$

oder, wenn man $x_1 = u_1 l$ setzt,

$$z_1 = -\frac{1}{2}ql^2(1 - u_1)^2 = -f(1 - u_1)^2,$$

wobei auch hier f die Ordinate CE, Fig. 5, im Mittelpunkte C bezeichnet. In der Tabelle II. sind die den Absciffenwerthen $u_1 = 0$; 0,1; 0,2; 0,3 u. s. w. entsprechenden Werthe der Ordinate z_1 angegeben, wobei auch hier $f = \frac{1}{2}$ gesetzt worden ist (siehe flgde. Seite).

Mit Hilfe dieser Tabellen ist das Diagramm, Fig. 5, angefertigt worden, in welchem ACA die Stabaxe von der Länge $2CA = 2l$, sowie $CD = CE = f$ das Biegungsmoment derselben in der Mitte C vorstellt, und zwar das eine Mal, wenn der Stab an beiden Enden A, A, und das andere Mal, wenn er in der Mitte C unterstützt ist. Die nach unten gerichteten Ordinaten NO geben die Momente der Biegung des äußeren Stabstückes an, und werden von den Curven AOE, AOE begrenzt. Wäre z. B. der Stab in den Punkten N, N unterstützt, welche um $m = 0{,}7$ der halben Stablänge von den Enden abstehen, so würden die in den Punkten 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 7 (N) errichteten Ordinaten des Bogens AO die Biegungsmomente in diesen, um 0,1l; 0,2l; 0,3l; 0,4l; 0,5l; 0,6l und 0,7l von den

$$\text{I.} \quad z = \frac{1}{2}(1 - 2m - u^2).$$

	u=0,0	u=0,1	u=0,2	u=0,3	u=0,4	u=0,5	u=0,6	u=0,7	u=0,8	u=0,9	u=0,0
m=0	0,5000	0,4950	0,4800	0,4550	0,4200	0,3750	0,3200	0,2550	0,1800	0,0950	0,0000
m=0,1	0,4000	0,3950	0,3800	0,3550	0,3200	0,2750	0,2200	0,1550	0,0800	—0,0050	
m=0,2	0,3000	0,2950	0,2800	0,2550	0,2200	0,1750	0,1200	0,0550	—0,0200		
m=0,3	0,2000	0,1950	0,1800	0,1550	0,1200	0,0750	0,0200	—0,0450			
m=0,4	0,1000	0,0950	0,0800	0,0550	0,0200	—0,0250	—0,0800				
m=0,5	0,0000	—0,0050	—0,0200	—0,0450	—0,0800	—0,1250					
m=0,6	—0,1000	—0,1050	—0,1200	—0,1450	—0,1800						
m=0,7	—0,2000	—0,2050	—0,2200	—0,2450							
m=0,8	—0,3000	—0,3050	—0,3200								
m=0,9	—0,4000	—0,4050									
m=0,0	—0,5000										

$$\text{II.} \quad z_1 = -\frac{1}{2}(1 - u)^2.$$

	u=0,0	u=0,1	u=0,2	u=0,3	u=0,4	u=0,5	u=0,6	u=0,7	u=0,8	u=0,9	u=1.
$z_1 =$	—0,5000	—0,4050	—0,3200	—0,2450	—0,1800	—0,1250	—0,0800	—0,0450	—0,0200	—0,0050	—0,0000

Enden A, A abstehenden Punkten angeben; wogegen die in **den Punkten** 8, 9 und C errichteten und bis zur Curve **OSO** geführten Perpendikel die Biegungsmomente in diesen **Punkten** des Mittelstückes NCN der Stabare vorstellen. **Während** in diesem Falle die sämmtlichen, die Biegungs**momente** darstellenden Ordinaten einerlei Zeichen oder Rich**tung** haben; fallen dagegen die Ordinaten größtentheils **entgegengesetzt** aus, wenn die Stützpunkte den Stabenden **näher** liegen. Wäre z. B. der Stab in den Punkten N_1, N_1 **unterstützt**, welche um $AN_1 = 0{,}3l$ von den Enden ab**stehen**, so würde die Curve $O_1S_1O_1$, welche die Biegungs**momente** des inneren Stabstückes abschneidet, die Abscissen**are** nahe bei den Stützpunkten durchschneiden, und zwischen **den** Durchschnittspunkten mit dieser Are über diesen hin**laufen**, also die Biegung entgegengesetzt ausfallen.

§ 14. Die §. 11 gefundene Gleichung

$$y = \frac{q}{24WE}\left(6(l - 2c)l - x^2\right)x^2$$

der Are des Mittelstückes BCB, Fig. 1, läßt sich, wenn **man** $c = ml$ und $x = ul$ setzt, in

$$y = \frac{ql^4}{24WE}\left(6(1 - 2m) - u^2\right)u^2,$$

oder, wenn man noch $\frac{ql^4}{24WE}$ als Ordinateneinheit (1) **annimmt, in**

$$y = \left(6(1 - 2m) - u^2\right)u^2$$

umsetzen.

Je nachdem man die Stützpunkte um 0l, 0,1l; 0,2l; 0,3l u. s. w. von den Endpunkten A, A abstehen läßt, erhält man hiernach folgende Specialgleichungen:

$$y = (6 \quad - u^2)u^2,$$
$$y = (4{,}8 - u^2)u^2,$$
$$y = (3{,}6 - u^2)u^2,$$
$$y = (2{,}4 - u^2)u^2 \text{ u. s. w.}$$

Nach diesen Formeln ist für die Abscissenwerthe $u=0$; $0{,}1$; $0{,}2$ u. s. w. die Tabelle Nr. III. berechnet worden. Dieselbe giebt z. B. für $m = 0{,}3$ und $u = 0{,}4$; in der sechsten Verticalcolumne:

$$y = (2{,}4 - 0{,}16) \cdot 0{,}16 = 0{,}3584.$$

Die Gleichung der äußeren Arenstücke AB, AB, Fig. 6, nach §. 12,

$$y_2 = \frac{q}{6WE}\left((2l^3 - 6l^2c + 3lc^2)x_2 + \frac{c^4 - (c - x_2)^4}{4}\right)$$

läßt sich, wenn man wieder

$c = ml$ und $x_2 = ul$ einsetzt, in

$$y_2 = \frac{ql^4}{6WE}\left((2 - 6m + 3m^2)u + \frac{m^4 - (m - u)^4}{4}\right)$$
$$= \frac{ql^4}{24WE}\left(4u(2 - 6m + 3m^2) + m^4 - (m - u)^4\right)$$

III. $y = [6(1-2m) - u^2]\,u^2.$

	u=0,0	u=0,1	u=0,2	u=0,3	u=0,4	u=0,5	u=0,6	u=0,7	u=0,8	u=0,9	u=0,0
m=0,0	0,0000	0,0599	0,2384	0,5319	0,9344	1,4375	2,0804	2,6999	3,4304	4,2039	5,0000
m=0,1	0,0000	0,0479	0,1904	0,4236	0,7424	1,1375	1,5984	2,1119	2,6624	3,2319	
m=0,2	0,0000	0,0359	0,1424	0,3159	0,5504	0,8375	1,1664	1,5239	1,8944		
m=0,3	0,0000	0,0239	0,0944	0,2079	0,3584	0,5375	0,7344	0,9359			
m=0,4	0,0000	0,0119	0,0464	0,0999	0,1664	0,2375	0,3024				
m=0,5	0,0000	—0,0001	—0,0016	—0,0081	—0,0256	—0,0625					
m=0,6	0,0000	—0,0121	—0,0496	—0,1161	—0,2176						
m=0,7	0,0000	—0,0241	—0,0976	—0,2241							
m=0,8	0,0000	—0,0361	—0,1456								
m=0,9	0,0000	—0,0481									
m=1,0	0,0000										

IV. $y_2 = 4u(2-6m+3m^2) + m^4 - (m-u)^4.$

	u=0,0	u=0,1	u=0,2	u=0,3	u=0,4	u=0,5	u=0,6	u=0,7	u=0,8	u=0,9	u=1,0
m=0,0	0,0000										
m=0,1	0,0000	0,5721									
m=0,2	0,0000	0,3695	0,7376								
m=0,3	0,0000	0,1945	0,3840	0,5721							
m=0,4	0,0000	—0,0145	—0,0400	—0,0705	—0,1024						
m=0,5	0,0000	—0,0681	—0,1456	—0,2391	—0,3376	—0,4375					
m=0,6	0,0000	—0,1409	—0,3120	—0,5025	—0,7040	—0,9105	—1,1184				
m=0,7	0,0000	—0,1815	—0,4064	—0,6615	—0,9360	—1,2215	—1,5120	—1,8039			
m=0,8	0,0000	—0,1825	—0,4240	—0,7089	—1,0240	—1,3585	—1,7040	—2,0545	—2,4064		
m=0,9	0,0000	—0,1415	—0,3600	—0,6375	—0,9584	—1,3095	—1,6800	—2,0615	—2,4480	—2,8359	
m=1,0	0,0000	—0,0361	—0,2096	—0,4401	—0,7296	—1,0625	—1,4256	—1,8081	—2,2016	—2,6001	— 3,000.

oder, wenn man wieder $\frac{q\,l^4}{24\,WE}$ als Einheit der Ordinaten annimmt, in

$$y_2 = 4u(2-6m+3m^2) + m^4 - (m-u)^4$$

verwandeln, wobei nicht außer Acht zu lassen ist, daß hier die Abscissen nicht in der Mitte C, sondern im Stützpunkte B anfangen.

Setzt man $m = 0;\ 0{,}1;\ 0{,}2;\ 0{,}3$ u. s. w., so erhält man folgende Specialgleichungen der Endstücke:

$$y_2 = 8u - u^4,$$
$$y_2 = 5{,}72\,u + 0{,}0001 - (0{,}1 - u)^4,$$
$$y_2 = 3{,}68\,u + 0{,}0016 - (0{,}2 - u)^4,$$
$$y_2 = 1{,}88\,u + 0{,}0081 - (0{,}3 - u)^4 \text{ u. s. w.}$$

und führt man hierin die Abscissenwerthe

$$u = 0;\ 0{,}1;\ 0{,}2;\ 0{,}3 \text{ u. s. w.}$$

ein, so erhält man die in der Tabelle IV. verzeichneten Ordinatenwerthe der von den Endstücken BA, BA der Stabaxe gebildeten elastischen Linie. Hiernach ist z. B. für $m = 0{,}3$ und $u = 0{,}2$ die Ordinate

$$y_2 = 1{,}88 \cdot 0{,}2 + 0{,}0081 - 0{,}0001 = 0{,}3840.$$

Mit Hilfe der in den Tabellen Nr. III und IV angegebenen Coordinatenwerthe ist das Diagramm Fig. 6 construirt worden. Dasselbe führt die von der Axe des Meßstabes gebildete elastische Linie für die Fälle vor Augen, wenn der Stab in den Abständen 0; 0,1; 0,2; 0,3... bis 1,0 der halben Länge, von den Enden A, A aus gerechnet, unterstützt ist. Zuerst giebt I. die Gestalt der Stabaxe, wenn der Stab an beiden Enden aufruht, wo die Bogenhöhe CD in der Mitte, oder die Ordinaten HA, HA an den Enden:

$$a = \frac{ql^4}{24WE}\Big(6(1-2)-1\Big)$$
$$= -\frac{5ql^4}{24WE} \text{ ausfallen.}$$

Dann folgt in II. der Fall, wenn die Stützen B, B um 0,1 l von den Enden abstehen, hierauf in III. der Fall, wenn sie um 0,2 l von den Enden entfernt sind u. s. w. Bei den Auflagen I, II... bis V zieht sich das Mittelstück der elastischen Linie unter der Geraden BB hin; ist aber m = 0,5; 0,6 u. s. w., stehen also die Stützpunkte B, B mindestens 0,5 l von den Enden A, A ab, so erhebt sich das Mittelstück BCB über die Gerade, wobei es immer kürzer und kürzer wird, bis es endlich unter XI. für m = 1,0, wo der Stab nur in der Mitte aufruht, ganz verschwindet. Die Endstücke BA, BA erheben sich in den Fällen I, II, III, IV, wo m = 0; 0,1; 0,2 und 0,3 ist, über die Grundlinien ziehen sich dagegen in allen übrigen Fällen VI, VII ... XI, wo die Stützpunkte 0,4 l; 0,5 l ... 1,0 l von den Enden abstehen, unter der Grundlinie BB hin. Im letzteren Falle, wo der Stab nur in der Mitte unterstützt ist, stehen die Stabenden um

$$AH = a_1 = \frac{ql^4}{24WE}\Big(4(2-6+3)+1\Big)$$
$$= -\frac{3ql^4}{24WE} = -\frac{ql^4}{8WE}$$

unter der durch C gehenden Grundlinie. Wirft man einen Blick auf das ganze Curvensystem in Fig. 6, so sieht man sogleich, daß die Stabare in den Fällen Nr. V und VI, wo m = 0,4 und 0,5 ist, sich einer geraden Linie am stärksten nähert, daß also hiernach für m = 0,45 die stärkste Annäherung an die gerade Linie, und daher auch die kleinste Verkürzung des Längenmaaßes zu erwarten ist. Oben in §. 7 ist allerdings für diesen Fall genau m = 0,4406 gefunden worden.

Nachtrag zu meiner Beschreibung eines neuen Militär-Distanzmessers

von

Ernst von Paschwitz.

(Siehe Seite 111 dieses Jahrganges.)

Nachdem ich mit der Beschreibung meines Militär-Distanzmessers vor die Oeffentlichkeit getreten bin, habe ich in Erfahrung gebracht, daß die angewandte Winkelmeßmethode nicht neu sei, sondern in den 40er Jahren vom Italiener Clausen zur Anwendung in der Astronomie in Vorschlag und beim Ophthalmometer von Helmholz in Anwendung gebracht worden sei.

Obgleich nun auch ich diese Winkelmeßmethode selbstständig aufgefunden habe, was ich später einmal durch Darlegung des weiten Weges, den ich zur Auffindung derselben gehen mußte, nachweisen werde, so kann ich natürlich auf die Priorität der Erfindung dieser Art Winkelmessung keinen Anspruch mehr machen. Uebrigens wird auch den allermeisten meiner geehrten Leser, nachdem Clausen's Vorschlag in der Astronomie keinen Eingang gefunden haben soll und der Helmholz'sche Ophthalmometer von nur sehr speciellem Interesse ist, ebenso wenig als mir von fraglicher Winkelmeßmethode Etwas bekannt gewesen sein.

Was den Perspectiv-Apparat des Distanzmessers anlangt, so habe ich auf denselben gleich von vornherein kein besonderes Gewicht gelegt, da für Einen, der Kenntniß von den Meßinstrumenten hat, eine derartige Construction nahe liegt, und mir vor Abfassung meiner Notiz der bereits i. J. 1790 von Ramsden beschriebene Distanzmesser bekannt geworden war, dessen Perspectiv-Apparat auf demselben Princip beruht (v. „Description d'une machine pour diviser les instruments de mathematiques etc.," par M. Ramsden. Paris 1790).

Verlegt man nämlich auf Taf. 8, Fig. 1 dss. Bds. das Objectiv c_2 in die Röhre ab, um seine Brennweite vom Prisma a entfernt, wobei sodann die übrigen Linsen in der Röhre ab wegfallen, das Prisma b jedoch bleibt, aber größer und kostspieliger wird, und bringt man, behufs Einstellens der beiden Bilder, am Ende c_1 der Röhre ac_1, welche eine kleine Winkelbewegung zuläßt, eine Mikrometerschraube an, so hat man im Wesentlichen den Ramsden'schen Distanzmesser, der sich durch Entfernung dieser Schraube und Anbringung des Glasplättchens in g leicht in meinen Distanzmesser umwandeln läßt, in welchem sodann beide Bilder verkehrt erscheinen. Da das Princip dieser Abände-

rung dasselbe ist, wie das in meinem früheren Aufsatz vorgetragene, so bleibt auch die mathematische Begründung dieselbe.

Die zweckmäßigste dieser sämmtlichen Modificationen zu ermitteln, ist lediglich Aufgabe der praktischen Optik, mit deren Lösung gegenwärtig Herr Gottlieb Reinfelder, Besitzer einer optischen Anstalt in München, beschäftigt ist.

Was jedoch den Distanzmesser in der Gesammtheit seiner einzelnen Theile — in seiner Vollendung — anlangt, so ist mir nicht bekannt geworden, daß außer mir Jemand Anspruch auf diese Erfindung machen könnte.

Ich glaube nicht zu weit zu gehen, wenn ich im Hinblick auf die mir von competenter Seite gewordenen höchsten Zuschriften behaupte, daß diese Aufgabe: „Distanzmesser ohne Latte" zu construiren im Princip nunmehr soweit gelöst ist, als sie überhaupt jemals gelöst werden kann.

Dies zum Voraus auf etwaige „Berichtigungen" meines ersten Aufsatzes.

Schlüßlich ersuche ich noch, auf Tafel 8, Fig. 5, den Strich bm bis m_1 verlängern zu wollen.

Bodenwöhr, im April 1866.

Einige graphische Constructionen

von

W. J. Macquorn Rankine.

(Hierzu Fig. 7—10 auf Tafel 12.)

Nachstehende drei Constructionen beruhen auf der annähernden Rectification gewisser Curven mittelst der Simpson'schen Regel. Das allgemeine Princip, welches denselben zu Grunde liegt, ist das Folgende:

Denkt man sich eine Curve, welche sich auf einer zweiten festliegenden Curve abwälzt, und fixirt man in der Ebene der ersten Curve einen Punkt, dessen Wälzungshalbmesser oder Abstand von dem Berührungspunkte der beiden Curven gleich r sein mag, so erzeugt dieser Punkt bei einer Drehung der sich wälzenden Curve um den Winkel φ einen Bogen von der Länge $\int_0^\varphi r\,d\varphi$. Um einen Näherungswerth für dieses Integral zu bekommen, theilt man den Bogen φ in 2n oder 3n gleiche Theile (und zwar je mehr, je besser), mißt die Länge der Wälzungsradien r_0, r_1, r_2 u. s. w., welche den Endpunkten und Theilpunkten des Bogens entsprechen und bestimmt mit Hilfe der Simpson'schen Regel den mittleren Radius dazu. Hat man 2n gleiche Theile gemacht, so ist dieser mittlere Radius:

$$r_m = \frac{1}{6n}(r_0 + 4r_1 + 2r_2 + 4r_3 \ldots + 2r_{2n-2} + 4r_{2n-1} + r_{2n})$$

und bei 3n Intervallen

$$r_m = \frac{1}{8n}(r_0 + 3r_1 + 3r_2 + 2r_3 \ldots + 2r_{3n-3} + 3r_{3n-2} + 3r_{3n-1} + r_{3n})$$

1. Annähernde Rectification eines Ellipsen- und Trochoidenbogens.

Die Länge eines elliptischen Bogens CD (Fig. 7), welcher kleiner als der vierte Theil des Umfanges ist, findet sich annähernd durch folgende Construction, wenn die Länge der beiden Halbaxen gegeben ist.

Man trägt auf einer geraden Linie EG (Fig. 8) die Summe der beiden Halbaxen auf, halbirt und beschreibt aus dem Halbirungspunkte H einen Kreis mit einem Halbmesser gleich der halben Differenz der beiden Halbaxen $HI = \frac{AO - BO}{2}$. Nun faßt man den einen Radius Vector der Ellipse OD in den Cirkel und schneidet damit in Fig. 8 von E aus den Kreis im Punkte I; ebenso mit dem andern Radius Vector OC in K; theilt den Kreisbogen IK in 2n oder 3n gleiche Theile und zieht von G aus Linien GI, G1, G2, G3 u. s. w. nach diesen Theilpunkten, welche die Wälzungsradien einer durch das Abwälzen eines Kreises vom Durchmesser EH innerhalb eines zweiten Kreises vom Durchmesser EG erzeugten Ellipse vorstellen, wenn der beschreibende Punkt sich im Abstande HI vom Mittelpunkte des wälzenden Kreises befindet.

Berechnet man nun mittelst der Simpson'schen Regel **den mittleren Radius** dazu, so erhält man den Radius des **gesuchten Kreises**. Man beschreibt dann um den Mittel**punkt** O der Ellipse (Fig. 7) einen **Kreis** mit dem **Halbmesser** OA, zieht durch C und D Normalen zur großen **Axe** OA und verbindet die Durchschnittspunkte derselben **mit dem Kreise** durch Radien mit dem Mittelpunkte. Schlägt **man** dann um O mit dem berechneten mittleren Radius **einen Kreis**, so ist der durch diese Radien abgeschnittene **Bogen** LM desselben nahezu gleich dem Ellipsenbogen CD.

Man kann denselben auch sogleich in Fig. 8 einzeichnen. **Zieht** man nämlich aus einem passend gewählten Punkte N **in der** Peripherie des durch IK gehenden Kreises gerade **Linien** nach I und K und schlägt man mit dem berechneten **mittleren Radius** einen **Kreis** um N, so schneiden diese **Geraden** davon ein Stück PQ ab, welches dem Ellipsen**bogen** gleich ist.

2. Construction eines Kreisbogens, welcher annähernd einem Trochoidenbogen gleich ist.

Ist GH in Fig. 8 der Radius des abgewälzten Kreises, **welcher** die Trochoide um den Punkt H als Mittelpunkt **erzeugt**, so beschreibt man einen Kreis um H mit einem **Radius** gleich dem Abstande des beschreibenden Punktes vom **Mittelpunkte** des sich wälzenden Kreises, nimmt $G\gamma$ und **$G\delta$ gleich** den von den Enden des gegebenen Trachoiden**bogens** auf die Gerade, auf welcher der Kreis abgewälzt **wird**, gefällten Perpendikeln, errichtet in γ und δ Nor**malen**, welche den Kreis in I und K schneiden, theilt den **Kreisbogen** IK in eine Anzahl gleiche Theile, zieht aus **denselben** Gerade nach dem Punkte G, mißt dieselben und **berechnet** nach der Simpson'schen Regel den mittleren **Radius** dazu. Zieht man dann von H aus durch I und K Gerade und schlägt man mit dem mittleren Radius **einen Kreis** um H, so giebt der zwischen diese Geraden **fallende** Bogen $\mu\nu$ annähernd die Länge des gegebenen **Trochoidenbogens**.

3. Construction eines Kreisbogens, welcher einer gegebenen Geraden annähernd gleich ist und einen gegebenen Winkel überspannt.

Man denke sich die gegebene Gerade als ein Stück **einer** Ellipse, deren kleine Halbaxe = 0 ist. Aus der ge**gebenen Geraden** und dem gegebenen Winkel bildet man ein **rechtwinkeliges** Dreieck ACB, Fig. 9, in welchem AC die **Gerade** und ABC der gegebene Winkel ist, halbirt die **Hypothenuse** und beschreibt darüber den Halbkreis ACB. **Nun** theilt man den Bogen AC in 2n oder 3n gleiche **Theile** und mißt die Sehnen BA, B1, B2, u. s. w., um **daraus** mittelst der Simpson'schen Regel den mittleren Halbmesser zu berechnen.*) Zieht man dann mit diesem Halbmesser BD den Bogen DE, so entspricht derselbe der gestellten Aufgabe.

Bemerkung.

Augenscheinlich sind die drei beschriebenen Constructionen graphische Methoden zur annäherungsweisen Lösung der elliptischen Functionen, welche, unter algebraischer Form ausgedrückt, auf die Näherungsmethode für die Function E führen, welche Legendre in seinem Anhange zum ersten Bande des traité des fonctions elliptiques angiebt.

Die Größe φ der Function wird dargestellt durch LOM in Fig. 7, $PNQ = \frac{1}{2} . \mu H \nu$ in Fig. 8 und ABC in Fig. 9.

Der Modulus ist die Excentricität der Ellipse in Fig. 7, die Einheit bei Fig. 9 und bei Figur 8 ist es

$$\sqrt{\frac{GR^2 - GS^2}{GR}}.$$

Die als Einheit genommene Linie ist bei Fig. 7 OA, bei Fig. 8 RG und bei Fig. 9 AB.

Der Grad der Annäherung hängt von der Kleinheit der Theile ab, denn der Fehler nimmt rascher ab, als die vierte Potenz des Intervalles, wie dies Legendre in dem Anhange zu seinem Werke von der Simpson'schen Regel bewiesen hat.

Beim dritten Beispiele beträgt hiernach der Fehler

Intervall:	Fehler:
45^0	$1/_{400}$
30^0	$1/_{2500}$
$22^1/_2{}^0$	$1/_{8000}$
15^0	$1/_{48000}$.

*) Da es beim Construiren ziemlich lästig ist, wenn man sich dabei durch Rechnen unterbrechen muß, so dürfte es sich empfehlen, den mittleren Radius ebenfalls durch Construction zu bestimmen. Nehmen wir Fig. 9 zum Anhalten, so erhält nach der obigen Regel der mittlere Radius die Länge

$$BD = \frac{1}{16} AB + \frac{3}{16} B1 + \frac{3}{16} B2 + \frac{2}{16} B3 + \frac{3}{16} B4 + \frac{3}{16} B5 + \frac{1}{16} BC.$$

Man kann also entweder die Längen AB, 3.B1, 3.B2, 2.B3, 3.B4, 3.B5 und BC in einer geraden Linie aneinandersetzen und dann den sechzehnten Theil von dieser Länge nehmen, oder wenn man dabei zu lange Linien erhält, so kann man, wie in Fig. 10 angedeutet ist, zwei gleichschenklige Dreiecke BCA und CDB zeichnen, in welchen $AC = \frac{1}{16} AB$ und $CD = \frac{3}{16} AB$ ist, und dann mit Hilfe dieser Proportionalmaaßstäbe die Längen BA, B1, B2 ... bis BC entsprechend theilen, um diese Theile nachher erst graphisch zu addiren. Für die Linie B4 hat man z. B. so zu verfahren, daß man mit B4 im Dreieck CBD den Bogen 44 schlägt, und dessen Sehne abträgt u. s. w.

D. Red.

Bei der ersten und zweiten Construction sind die Fehler im Verhältniß zur dritten Construction um so geringer, je mehr der Modulus abnimmt, d. h. je mehr sich die Ellipse dem Kreise und die Trochoide einer geraden Linie nähert. Nachstehende Tabelle giebt die Fehler für einen Kreisbogen, welcher einem Viertelumfang einer Ellipse gleich ist, wenn die große Halbare gleich der Einheit genommen wird.

Excentricität.	Wahre Länge.	Durch Construction gefundene Länge. zwei Intervalle von 45 Grad.	Fehler.	drei Intervalle von 30 Grad.	Fehler.
$\sqrt{\frac{1}{2}}$	1,3506	1,3538	0,0032	1,3520	0,0014
0,6	1,4184	1,4195	0,0011	1,4186	0,0002
0,5	1,4675	1,4681	0,0006	1,4678	0,0003

(Nach dem Artizan durch die Annales du Génie Civil, Avril 1865.)

Graphische Methode zur Bestimmung des mittleren Druckes des expandirenden Dampfes.

Von

W. J. Macquorn Rankine.

(Hierzu Fig. 11 auf Tafel 12.)

Nachstehende graphische Methode zur Bestimmung des mittleren Druckes expandirenden Dampfes ist meines Wissens neu und bis zu ein Hundertel der Anfangspressung genau.

Man ziehe eine Gerade CB, trage darauf $AC = 1$ und $AB = 4 . AC$ auf, errichte in A eine Normale AD und schlage um C den Kreisbogen BD.

Wenn dann $\frac{DE}{DA}$ den Bruchtheil der Cylinderfüllung ausdrückt, bei welchem der Dampf abgesperrt wird, so steht ein in E errichtetes Perpendikel EF zu AB annähernd in demselben Verhältniß, wie der mittlere Druck des Dampfes zum anfänglichen Dampfdrucke.

The Engineer, Vol. XXI, No. 537.

Zusatz der Redaction.

Diese interessante Construction bezieht sich jedenfalls auf die Rankine'sche Formel über die Leistung der Dampfmaschinen $A = Fsp\left(10-9\left(\frac{s}{s_1}\right)^{1/9}\right)$. Setzt man den mittleren Druck $= p_m$, so müßte die Leistung auch sein $A = Fs_1p_m$, daher ist $p_m = p\frac{s}{s_1}\left(10-9\sqrt[9]{\frac{s}{s_1}}\right)$ und $\frac{p_m}{p} = \frac{s}{s_1}\left(10-9\sqrt[9]{\frac{s}{s_1}}\right)$, wo p den Anfangsdruck, s den bis zum Beginn der Expansion zurückgelegten Hub, s_1 den ganzen Hub bedeutet.

Löst man aber das gezeichnete Diagramm geometrisch auf, so kommt man nicht auf die Rankine'sche Formel, denn es ist

$$\frac{DE}{AD} = \frac{s}{s_1},\quad \frac{AE}{AD} = \frac{s_1-s}{s_1},\quad \frac{AB}{BC} = \frac{4}{5},\ \text{daher}$$

$$AD^2 = AB(BC+AC) = (BC-AC)(BC+AC) = BC^2-AC^2 = \frac{24}{25}BC^2.$$

$$EF = FH-AC = FH-\frac{1}{5}BC\ \text{und}$$

$$FH^2 = GH.(HC+BC) = GH.(AE+BC) = (BC-AE)(BC+AE) = BC^2-AE^2$$
$$= BC^2-\left(\frac{s_1-s}{s_1}\right)^2AD^2 = BC^2-\left(\frac{s_1-s}{s_1}\right)^2.\frac{24}{25}BC^2 = BC^2\left[1-\left(\frac{s_1-s}{s_1}\right)^2.\frac{24}{25}\right],$$

$$FH = BC\sqrt{1-\left(\frac{s_1-s}{s_1}\right)^2.\frac{24}{25}}\ \text{und}\ EF = BC\sqrt{1-\left(\frac{s_1-s}{s_1}\right)^2.\frac{24}{25}}-\frac{BC}{5}$$
$$= \frac{BC}{5}\left[\sqrt{25-24\left(\frac{s_1-s}{s_1}\right)^2}-1\right],$$

$$\text{endlich}\quad \frac{EF}{AB} = \frac{p_m}{p} = \frac{\frac{BC}{5}\left[\sqrt{25-24\left(\frac{s_1-s}{s_1}\right)^2}-1\right]}{\frac{4}{5}BC} = \frac{1}{4}\left[\sqrt{25-24\left(\frac{s_1-s}{s_1}\right)^2}-1\right].$$

Trotzdem, daß dieser Ausdruck keine Aehnlichkeit mit der Rankine'schen Formel hat, halten wir uns doch nicht für berechtigt, die von diesem ausgezeichneten Gelehrten angegebene und oben mitgetheilte Construction für unrichtig zu erklären, hoffen vielmehr, daß er später deren Begründung veröffentlichen werde.

Ueber mechanische Vorrichtungen beim Bau des Canals von Suez zwischen dem Menzaleh- und Ballah-See.

Von

Edmond Badois.

(Hierzu Tafel 13.)

Die Bauten des Meerwassercanals von Suez zerfallen nach den officiellen Berichten der Compagnie in mehrere Sectionen, von denen jede ein specielles Interesse bietet; es sind dies:

1. die Seen Menzaleh und Ballah, welche auf 61 Kilometer Länge durchschnitten werden und wenig Tiefe besitzen,

2. die Dünen von El-Ferdane, welche sich bis Ismaila erstrecken und bei der Schwelle El-Guisr 19 Meter Höhe über dem Spiegel des Mittelmeeres besitzen,

3. die Strecke zwischen Ismaila und Suez, welche den Timsah-See und die jetzt trocken liegenden Bitteren Seen, deren Niveau um 3 bis 10 Meter gegen den Meeresspiegel differirt, sowie das bedeutende Plateau des Serapeums und die Lagunen von Suez umfaßt.

Jede dieser Sectionen verlangt nach der Gestalt, Lage und Beschaffenheit der auszuhebenden Bodenmassen verschiedene Betriebsmethoden und Anlagen. Da ich ein Jahr lang die Baggerarbeiten zu Port Said vor meinen Augen verrichten gesehen und zum Theil geleitet habe, so bin ich mit der ersten Section, derjenigen bei dem Menzaleh- und Ballah-See näher bekannt worden, werde mich daher hier auf diese Arbeiten beschränken und besonders diejenigen mechanischen Vorrichtungen aufsuchen, welche daselbst anzuwenden sein dürften, um diese Strecke in der gestellten Frist von 3 Jahren zu vollenden.

Wie gesagt, umfaßt diese Strecke 61 Kilometer Länge und der Canal soll im Wasserspiegel 58, am Boden 22 Meter Breite und 8 Meter Tiefe unter dem Mittelmeerspiegel erhalten. Die Tiefe der Seen ist nicht bedeutend, in der Gegend der Meeresküste bei Port Said beträgt sie 0,8, zwischen Raz-el-Ech und dem Cap (bei 38 Kilometer) 0,2 bis 0,3 Meter, und zu Zeiten des Niedrigwasserstandes im Nil liegt dieser Tract oft trocken.

Es sind hier durchschnittlich 300 Cubikmeter Boden auszuheben, wovon etwa ein Drittel an der Seite anzustürzen ist, um in den tief liegenden Gegenden Uferdämme herzustellen, während der Rest irgendwie abgelagert werden kann. Bei der Herstellung des Hafens an der Mittelmeerküste sind ungefähr 5 Millionen Cubikmeter auszuheben, wovon ein Theil zu der Anschüttung für die Stadt Port-Said zu verwenden sein wird.

Der Boden ist für Baggerarbeiten im Allgemeinen geeignet; auf die ersten fünf Kilometer Länge herrscht feiner, fast reiner Sand vor, welcher so dicht und compact liegt, daß bisweilen Pfähle, welche noch nicht 0,3 Meter tief eingeschlagen sind, unter dem Schlage eines 2 Meter hoch herabfallenden, 250 Kilogr. schweren Rammbäres nicht weiter eindringen; dann folgt bis zum Raz-el-Ech leichter Thon, welcher erst nach längerem Liegen an der Luft fest wird, und nachher, bis zum Cap, Thon mit Sand gemischt, welcher bald feste Dämme giebt; endlich folgt beim Menzaleh-See fetter, an den Becherwerken hängender Lehm. Beim Ballahsee ist der Boden von mergeliger Natur und der Sand minder fein; man hat daselbst sehr große, ca. 1 Meter starke Gypslager an der Oberfläche gefunden.

Zum raschen Betriebe dieser Canalbauten mußte

1. ein kleiner Verbindungscanal zwischen Port Said und Ismaila hergestellt werden, welcher jetzt vollendet ist,
2. sind die definitiven Uferdämme aufzuschütten und zwar mittelst der Bodenmassen, welche bei der Vertiefung des Canales um 3 bis 4 Meter gewonnen werden,
3. ist das bei der weiteren Vertiefung bis zu 8 Metern abfallende Material zu beseitigen.

Bei der Herstellung des ersten schiffbaren Verbindungscanales (der sogenannten Rigole) wurde in den trockenen Abschnitten, wo bei 8 Meter Breite und 1,5 Meter Tiefe ca. 12 Cubikmeter Masse zu bewältigen waren, während eines Theiles des Jahres per Hand gearbeitet, in den tieferliegenden Abschnitten aber, wo die Uferdämme auch gegen die bei heftigen Westwinden und Khamsins eintretenden Ueberschwemmungen des Menzaleh-See's Sicherheit bieten, also ungefähr 1 Meter über den Wasserspiegel erhöht werden mußten, wurden die zu bewältigenden Erdmassen schon bedeutend (40 Cubikmeter pro laufendes Meter).

Für die definitiven Uferdämme muß man bei den Wasserständen 0 und 0,8 resp. 64 und 130 Cubikmeter Massen durch Baggerung gewinnen, und da diese Aushebungen auf je 61 Kilometer Länge erforderlich sind, so wären hierzu 12 große Baggerschiffe auf ein ganzes Jahr erforderlich.

Die Methode, diese Arbeiten nacheinander vorzunehmen und die Uferdämme schon herzustellen, ehe noch der Canal fertig ist, ist insofern sehr vortheilhaft, als der gleichförmige Wasserstand über die ganze Breite des Canales die Versetzung der Maschinen, mit welchen die definitive Ausbaggerung bewirkt werden soll, sehr erleichtert.

Bei der Herstellung des ersten kleinen Canales wendete man naturgemäß Baggerschiffe mit Rinnen an, welche die gelösten Massen direct am Ufer abschütteten. Diese bequeme Methode ist natürlich nur bei verhältnißmäßig geringen Transportweiten anwendbar, doch hat man gelernt, sie auch noch da anzuwenden, wo die gehobenen Massen erst in größerer Entfernung ausgestürzt werden können. Man wendete die Rinnen anfangs nur mit Zaudern an und wagte nicht, sie lang zu machen, da man befürchten mußte, daß die Erde nicht rasch genug abrutschen würde, und daß dann die Baggerschiffe, trotz angebrachter Gegengewichte umkippen möchten. Die Rinnen waren nur 6 bis 7 Meter lang, aber von Holz und ziemlich schwer, konnten also auch nicht viel leisten. Es war, selbst unter Anwendung des Schwenkens (papillonage) kaum möglich, genügende Massen zur Herstellung der Uferdämme zu beschaffen und die ersten Winterstürme, welche Hochwasser herbeiführten, zerstörten die Dämme zum Theil wieder. Unter dem Schwenken verstehe ich diejenige Baggermethode, wo das Schiff mittelst 4 in's Kreuz gestellter Winden um seinen Mittelpunkt so hin- und hergedreht wurde, daß das Ende der Rinne einen Kreisbogen vorwärts oder rückwärts beschrieb und nach jeder Schwenkung vorwärts rückte. Dieses Schwenken hängt von der Weite des Canales ab, sowie von der Länge der Rinne. Das Ende derselben beschreibt nämlich den Bogen ab (Fig. 1, Taf. 13), während das Ende der Baggerleiter den Bogen AB beschreibt und dem Canal eine Breite Bc giebt. Verlängert man, ohne sonst etwas zu ändern, die Rinne, sodaß sie den Bogen a'b' beschreibt, so bewegt sich das Ende der Baggerleiter durch den Bogen A'B' und die erzielte Canalbreite wird B'c'. Ist aber die Breite der Grube eine größere, so erhält man auch mehr Erde und kann damit stärkere, widerstandsfähigere Uferdämme aufführen.

Man nahm also statt der 7 Meter langen allmälig 12 Meter lange Rinnen und fertigte sie von Eisen, wodurch sie leichter und glatter wurden, sodaß man ohne Veränderung der Neigung höhere Dämme schütten konnte. An dem Bagger Nr. 6 maaß die Rinne 15 Meter außerhalb des Schiffes, also 18 Meter von der Axe des Schiffes weg, sodaß man 24 Meter Breite ausbaggern konnte. Die Rinne war auf den größten Theil der Länge unter $^1/_{10}$ geneigt, aber die Bühne, unmittelbar bei den ausschüttenden Eimern unter 45°; sie war mittelst Ketten an der Spitze eines auf dem Schiffe stehenden Gerüstes aufgehangen. Leer wog die Rinne 1500 Kilogramme und gefüllt mit Sand (ca. 3 Cubikmeter) 9000 Kilogramme, welches Gewicht an einem Hebelarme von 6 Metern über das Schiff hinauswirkte, sodaß ein Gegengewicht erforderlich war. Dieses durfte aber nur eine ziemlich geringe Oscillation bewirken, damit man selbst im Fall eines Bruches keinen Schiffbruch zu befürchten hatte. Deshalb construirte ich dasselbe aus einem großen Kahne, welcher an einem durch starke Zugeisen mit der Rüstung der Rinne verbundenen Gerüste hing und so belastet war, daß seine Schwankungen in der Höhe nicht 0,5 und diejenigen des Baggerschiffes nicht 0,2 Meter überschreiten konnten. In der Gleichgewichtsstellung schwamm es bei gespannter Kette, trat also aus dem Wasser heraus, wenn die Rinne Ueberwucht erhielt, und wirkte dann um so kräftiger, sodaß das Schiff wieder in die richtige Lage zurückkehrte, sobald die Rinne entleert war. Da dieser Kahn 24 Quadratmeter Fläche besaß, so neigte sich das Baggerschiff nach der Entlastung nur wenig auf die andere Seite.

Mit diesem Bagger, dessen Eimer zu $^2/_3$ mit Sand und zu $^1/_3$ mit Wasser gefüllt waren, wurden bei 3 Meter Tiefe in feinem und compactem, wenig thonhaltigen Sande monatlich 8000 bis 10000 Cubikmeter gebaggert, was 350 bis 400 Cubikmeter für 10 Stunden wirkliche Arbeitszeit und bei 24 Meter Breite der Grube giebt.

Diese Resultate lassen mich erwarten, daß man mit den großen, durch die Werkstätten der Forges et Chantiers

de la Méditerranée und durch das Haus Gouin gelieferten Baggern auch die Arbeiten der zweiten Periode, nämlich die definitive Schüttung der Uferdämme in der 40 Kilometer langen Strecke, wo dieselben unter Wasser oder im Niveau desselben stehen, unter Anwendung von Rinnen werde bewirken können. Die Rinne braucht dazu nur so lang genommen zu werden, daß man mittelst Schwenkens die halbe Breite des Canalbettes bestreichen und doch am Ufer abschütten kann; den Transport der Erde auf der Rinne kann man durch Abschwemmen mittelst Wasser unterstützen und auch die Vertheilung am Ufer muß sich von selbst bewirken.

Da beim Baggern mit Schwenken die größte Breite der zu bearbeitenden Fläche am Boden (bei Befolgung einer bestimmten Richtung) durch die Hypothenuse des rechtwinkligen Dreiecks gegeben wird, welches die Baggerleiter und die Rinne bei der normalen Stellung gegen die beabsichtigte Richtung im Grundriß miteinander bilden, und da bei den neuen Baggern die auf 4 Meter Tiefe berechnete Leiter von dem Punkte, wo der Eimer angreift bis zur Are, wo er ausschüttet, im Grundrisse 20 Meter lang ist, die Rinne aber andrerseits bis zu 32 Meter von der Are des Canales reichen muß, so ergiebt sich eine Hypothenuse von

$$\sqrt{32^2 - 20^2} = 25 \text{ Meter Länge.}$$

Da nun ferner die halbe Schiffsbreite 4 Meter beträgt, so ergiebt sich, daß die Rinne 21 Meter, d. h. nur 6 Meter mehr über das Schiff hinausragen muß, als bei dem schon angewendeten Bagger Nr. 6. Daß eine solche Rinne auch gut genug abschütten werde, kann nicht bezweifelt werden, wenn man bedenkt, daß bei dem soeben erwähnten 27 Meter langen und 6 Meter breiten Baggerschiff zum Tragen der Rinne ein 7 Meter hohes Gerüst genügt, und daß dieser Bagger nur 1 Meter tief eintaucht.

Die neuen Bagger sind 30 Meter lang, 8 Meter breit, 3 Meter hoch unter dem Verdeck und tauchen 1,5 Meter ein, sie würden ein 7,5 Meter hohes Gerüst erhalten und sicher für die 25 Meter lange Rinne mehr Stabilität bieten, als der Bagger Nr. 6. Die nähere Einrichtung zeigt Fig. 2. Die Anwendung von Auslegern zur Aufhängung der Rinne und des Gegengewichtes ist sehr bequem; dieselben sind übrigens am obern Ende unter sich und mit dem Gerüste verbunden.

Was das Abschütten anlangt, so würde ein Strom Wasser dasselbe nicht nur als Schmiermittel begünstigen, sondern auch durch sein Gewicht. Die Bühne, welche den Inhalt des Eimers aufnimmt, müßte 0,85 bis 1 Meter Fall pro Meter erhalten, damit die Massen am untern Ende derselben nicht liegen bleiben, sondern fortrutschen, auch muß sie unten durch eine Krümmung allmälig in die Rinne verlaufen. Die erforderliche Wassermenge dürfte höchstens halb soviel als die feste Baggermasse betragen, also etwa 50 Cubikmeter pro Stunde, und würde durch Pumpen gehoben werden müssen. Die lebendige Kraft des Wassers muß nämlich größer sein als der Widerstand der Reibung, welchen die Erde in der Rinne erfährt. Wenn nun die Eimerkette mittelst 10 Eimern in der Stunde 100 Cubikmeter, oder in der Minute 1600 Liter feste Masse hebt und zu jedem ausgeschütteten Haufen von 160 Litern oder 400 Kilogrammen Gewicht eine Wassermenge von 80 Litern oder 80 Kilogrammen mit der einem Falle von 7 Metern entsprechenden Geschwindigkeit hinzukommt, so hat Letztere eine lebendige Kraft von 560 Meterkilogrammen, während die Reibung, unter Annahme eines Reibungscoefficienten = 0,80, etwa 320 Kilogramme betragen würde. Um die Geschwindigkeit zu finden, welche die Massen zum mindesten haben müssen, sei die Weite des Gerinnes 1,2 Meter, die Stärke der Erdschicht 0,1 Meter. Wenn nun in der Minute 1600 Liter Erde und 800 Liter Wasser abfließen, so hat man die Geschwindigkeit $\frac{0,240}{60 . 0,1 . 1,2} = 0,33$ Meter pro Secunde. Bei dieser Geschwindigkeit beträgt die Arbeit der Reibung der hinabgleitenden Massen nur $\frac{320 . 0,33^2}{2g}$ = 2 Kilogrammeter und es ist demnach die lebendige Kraft des Wassers viel größer als erforderlich; sie wird den Massen eine Geschwindigkeit

$$v = \sqrt{\frac{2g . 560}{320 + 80}} = 5,25 \text{ Meter}$$

mitzutheilen im Stande sein, in Folge deren die aufgeweichten Erdmassen am Uferdamme noch mehr als 40 Meter weit fortgeschwemmt werden dürften.

Hiernach verspricht diese Methode des transversalen Transportes der Erdmassen sehr gute Resultate; auch werden die Dämme sehr fest werden, weil sie sehr schwache Böschungen erhalten, und selbst das Wasser wird zum dichten Zusammensinken der Schüttung beitragen.

Für die dritte Periode der Suezcanalarbeiten, nämlich für die Herstellung des Canales in seinen definitiven Dimensionen, sind wieder andere Methoden zum Erdtransport nöthig, weil die Massen nicht direct auf dem Ufer aufgestürzt werden können. Das einfachste ist ohne Zweifel die Anwendung von Prahmen mit Klappen am Boden, welche im Meere entleert werden, aber diese Methode ist leider nur in der Nähe der Meeresküste möglich, vielleicht bis zu 7 Kilometer Abstand von da. Denn wenn man Schleppschifffahrt anwendet, so würde die Entfernung von 9 Kilometern (incl. 2 Kilometer Distanz im offenen Meere) hinwärts und herwärts in 3 Stunden zurückgelegt werden können, sodaß täglich 2 Reisen mit 12 Prahmen von 100 Cubikmeter Ladung vorgenommen werden könnten, also 12 Prahmen für 1 Bagger genügten.

Jenseit des zwölften Kilometers und zur Anstürzung des Bodens bei Port Said müßten andere Ausschüttungsmethoden, etwa stehende oder Laufkrahne, Drops, Tücher ohne Ende, geneigte Ebenen u. dergl. angewendet werden.

Zeither hat man beim Suezcanal Krahne benutzt, aber für unzweckmäßig erkannt. Theoretisch haben sie den Mangel, daß die Massen zu hoch gehoben werden müssen, praktisch den, daß sie complicirt und zu vielen Reparaturen und Stillständen unterworfen sind. Stehen sie auf Kähnen, so fehlt die Stabilität, stehen sie fest, so verlangen sie doppeltes Umladen und arbeiten zu langsam. Laufkrahne, welche die Erde selbst bis zum Absturze führen, bedürfen zu vieler sorgfältiger Erdarbeiten zu ihrer Aufstellung und sind auf sumpfigem Boden kaum anzubringen. Der große Ueberhang, welcher erforderlich ist, damit sie die Gefäße aus den Kähnen heben können (8 bis 10 Meter), schwächt ihre Stabilität sehr und gestattet kein so rasches Arbeiten, daß ein Krahn die von einem Bagger gelieferte Masse verladen könnte, daher entsteht eine sehr nachtheilige Theilung der Arbeitspunkte, welche die Aufsicht erschwert und das Personal schlecht beschäftigt.

Drops, d. i. Apparate, welche die direct auf dem Bagger geladenen Wagen nach einer geneigten Ebene heben, von welcher sie nach den Absturzplätzen laufen, sind zuverlässiger; aber bei der geringen Höhe, welche der Ansturz auf der Strecke des Menzaleh-See's erhält, und bei der geringen Menge, welche an einem Punkte zu heben ist, scheinen sie dort nicht vortheilhaft zu sein, indem die dazu erforderlichen Herstellungskosten in keinem Verhältniß zur Masse stehen.

Tücher ohne Ende besitzen theoretisch den Vortheil, daß damit geringe Massen gleichzeitig constant fortgeschafft werden können und zwar ohne alle Hilfsapparate, wie Kähne, Kästen, Waggons u. s. w., und das dazu gehörige Personal, aber sie bieten in der Praxis große Mängel. Zunächst fällt die Erde während der ganzen Zeit, wo der Bagger die Breite des Canales bearbeitet, auf denselben Punkt, was an sumpfigen Stellen eine schädliche Belastung verursachen kann, während das angenommene Profil der Uferdämme bei den Seen gerade bezweckt, diese auf das Nöthigste einzuschränken und jede unnöthige Belastung zu vermeiden. Ferner müßten diese Tücher ungefähr 50 Meter lang werden, würden also sehr viel einzelne Theile erhalten und eine große Reibung und Abnutzung erfahren, sowie viel Reparaturen und Stillstände herbeiführen.

Geneigte Ebenen, welche an bestimmten Stellen errichtet werden, sind hiergegen sehr einfach und praktisch. Sie entnehmen die direct unter der Eimerkette geladenen Wagen, erfahren wenig Stockungen und Abnutzung, beschäftigen das dazu gehörige (allerdings etwas zahlreichere) Personal unausgesetzt und sind von einfacher Herstellung. Die Wagen würden zu 10 in 2 Reihen auf einfachen hölzernen Pontons an die Eimerkette herangefahren und bei 3 bis 3,5 Cubikmeter Fassungsraum in 2 Minuten, sämmtlich also in 20 Minuten, geladen werden. Die schiefen Ebenen würde man weiter rücken, sobald die von den Pontons zurückzulegende Entfernung mehr als 500 bis 600 Meter betrüge. In der zur Ladung eines Pontons erforderlichen Zeit könnten auch die 10 Wagen auf der schiefen Ebene entladen und leer wieder auf den Ponton zurückgebracht werden.

Vier Pontons und 40 Wagen würden also für einen Bagger ausreichen, welcher täglich 1000 Cubikmeter lieferte. Wäre 1 Kilometer ausgebaggert, also nach 5 bis 6 Monaten, so würde die schiefe Ebene weiter gerückt, was mit locomobilen Maschinen keine Schwierigkeit haben würde. Die Wagen würden so hoch gehoben werden müssen, daß sie allein bis zum Absturzpunkte liefen, und würden dann mittelst Pferden oder durch Winden bis zur schiefen Ebene zurückgeschafft werden, auf welcher die leeren Wagen beim Hinabrollen das Aufziehen der vollen Wagen unterstützen müßten.

(Nach den Mémoires et Compte-rendus des travaux de la Soc. des Ingénieurs Civils. 2. sér., 17. ann., 4. cah.)

Beschreibung des Excavators oder Baggers mit drehbarer Baggerleiter der Herren Frey Fils & A. Sayn.

Von

Edmond Badois.

(Hierzu Fig. 3 auf Tafel 13.)

Dieser Apparat besteht im Princip aus einem Gerüste, welches die Baggerleiter trägt und sich horizontal in einem Bogen verschieben läßt. Dasselbe trägt die Dampfmaschine sammt Kessel, sowie alle Organe, welche die verschiedenen zu beschreibenden Bewegungen vermitteln, und ruht auf einem von großen Rädern getragenen Rahmen. Zur Entladung dient eine bewegliche Rinne, welche um 180° im Kreise gedreht werden kann. Zur weiteren Erklärung ist auf Tafel 13 in Fig. 3 eine Abbildung dieses Apparates gegeben.

Man sieht daraus, daß derselbe hauptsächlich drei Bewegungen vermittelt:

1. die Bewegung der Eimerkette, welche in der Verticalebene der Baggerleiter erfolgt,
2. die Drehung des Rahmens und folglich der Eimerkette auf dem unteren Wagen, welche in horizontalem Sinne nach rechts oder links im Kreise erfolgt,
3. die Verschiebung des ganzen Apparates, welche vorwärts oder rückwärts in gerader Richtung oder im Kreise vorgenommen werden kann.

Diese drei Bewegungen gestatten einem jetzt bei den Herren Frey arbeitenden Excavateur durch ihre Combination bei 7 Pferdekräften Betriebskraft die Ausbaggerung eines 7 Meter breiten, 4 bis 6 Meter tiefen Einschnittes mit 1 bis 1,5 Meter Vorrücken pro Stunde, was der Gewinnung von 400 bis 600 Cubikmetern anstehender Masse in 10 Stunden Arbeitszeit entspricht. Ein größerer Apparat würde im Stande sein, einen 10 Meter breiten, 6 bis 8 Meter tiefen Einschnitt mit 800 bis 1000 Cubikmeter Leistung pro Tag herzustellen.

Der Motor ist eine horizontale Dampfmaschine, welche pro Minute 120 Umgänge macht und durch einen Locomobilkessel mit Hochdruckdampf gespeist wird. Auf dem Bagger selbst befindet sich auch ein Wasserbassin und ein Kohlenvorrathsraum.

Die Bewegung der Maschine wird auf die Trommel der Eimerkette durch einen Riemen übertragen, dessen Spannung durch eine vom Maschinisten leicht zu handhabende Spannrolle regulirt wird. Will der Maschinist eine andere Bewegung einrücken, ohne die Eimerkette zu betreiben, so zieht er die Spannrolle soweit zurück, daß der Riemen schlaff wird.

An der Kurbelwelle der Dampfmaschine sitzt die Transmission für die Drehbewegung des Gestelles in horizontaler Richtung und für die Ingangsetzung der Triebräder. Sie wird theils durch Riemen, theils durch conische Vorgelege und Kuppelmuffe, deren Einrückegabeln dem Maschinisten bequem zur Hand sind, bewirkt und der Maschinist ist daher im Stande, nebenbei noch die Kesselheizung zu besorgen. Ein Mann kann ohne Anstrengung und Irrthum den ganzen Bagger dirigiren, er ist im Stande, alle möglichen Störungen zu bemerken, ihnen vorzubeugen und sie durch Anhalten der betreffenden Transmission oder der ganzen Maschine unschädlich zu machen.

Was die einzelnen Theile anlangt, so sprechen wir zunächst von den Eimern oder Abgrabewerkzeugen. Sie sind zu diesem Ende mit einem schmiedeeisernen Schuh versehen, welcher in den Boden gräbt, und füllen sich dabei mit Erde, welche sie auf dem höchsten Punkte ihres Hubes ausschütten. Die Erde fällt entweder über eine geneigte Rinne nach den untergeschobenen Wagen, oder auf ein Tuch ohne Ende, welches sie nach dem Punkte der Abschüttung fördert. Der Mantel der Eimer ist aus 3 Millim. starkem Eisenblech gefertigt, ihr Inhalt beträgt 35 Liter und in der Minute passiren 30 Eimer. Sie sind an der Kette mittelst angeschraubter Ränder befestigt und es ist dabei allemal ein Paar Kettenglieder übersprungen, auf welches bei hartem Boden schmiedeeiserne Schaufeln geschraubt werden könnten, um die Ablösung zu erleichtern.

Kette und Eimer legen sich über vier polygonale Trommeln oder Turas, deren Disposition aus Fig. 3 ersichtlich

ist. Auf dieser Einrichtung beruht hauptsächlich der Erfolg des Excavators von Frey und Sayn. Bei den gewöhnlichen Baggern ist bekanntlich die Baggerleiter gerade und die Kette nur über zwei Trommeln an den Enden der Leiter gelegt; es ist also nur ein einziger Eimer in Activität und man kann auch nur auf geringe Tiefen einschneiden, weil sonst so beträchtliches Nachrollen stattfinden würde, daß der Eimer verschüttet werden würde. Bei dem beschriebenen Apparate bildet aber die Baggerleiter ein Dreieck, dessen Spitze auf der Betriebswelle ruht, während die Basis parallel zum Arbeitsstoße steht; es arbeiten hier fünf Eimer auf eine Höhe von 5 bis 6 Meter gleichzeitig und es kann doch keine Verschüttung stattfinden, denn der vorderste Eimer ist auch der oberste, sodaß das Abarbeiten des Terrains nach der natürlichen Böschung erfolgt.

Die treibende Kettentrommel ist quadratisch, die beiden in den andern zwei Dreieckswinkeln sind fünfeckig und die vierte, welche blos die Kette abhält, daß sie nicht gegen das Gerüste schleift, ist sechseckig. Natürlich braucht die treibende Kettentrommel die hervortretendsten Winkel, damit die Kette nicht rutscht. Die Wellen der Trommeln liegen (mit Ausnahme der treibenden Trommel) in Schlitzen und können mittelst Schrauben darin verschoben werden, wodurch man die Füglichkeit erhält, die Kette beliebig zu spannen und sie trotz der Abnutzung in den Bolzen und Augen gespannt zu erhalten, was für den Effect sehr wichtig ist.

Was die horizontale Drehung des die Baggerleiter tragenden Rahmwerkes anlangt, so geschieht dies durch das Uebereinanderhingleiten von zwei starken schmiedeisernen Ringen, wovon der eine am Rahmen, der andere am Wagengestell befestigt ist. Letzterer bildet eine Zahnstange, welche in ein Zahnrad an einer senkrechten, am beweglichen Rahmen befestigten Welle eingreift. Letztere Welle wird durch eine Schraube ohne Ende bald rechts, bald links gedreht, je nachdem die bereits erwähnte Kuppelung eingerückt ist.

Die Fortbewegung des Apparates erfolgt mittelst der beiden starken Axen, welche das Wagengestell tragen. An denselben sitzen mittelst schmiedeiserner Arme zwei 1,2 Meter hohe und 2 Meter breite Walzen aus 20 Millimeter starkem Eisenblech, welche auf jedem Boden genügende Reibung erzeugen, um die Fortbewegung zu bewirken, und andererseits soviel Basis geben, daß sie nicht versinken. Am Ende jeder Axe ist ein Zahnrad aufgekeilt, welches durch Kettenvorgelege von einer zwischen beiden Rädern liegenden Hilfswelle aus in Umdrehung gesetzt wird. Dreht sich z. B. das Getriebe an der Hilfswelle von links nach rechts, so zieht es auf der einen Seite mit dem oberen, auf der andern mit dem untern Trum der Kette und dreht daher beide Rollen in derselben Richtung. Die Axe des Getriebes wird durch eine Schraube ohne Ende bewegt, welche mittelst conischer Vorgelege und einer Ausrückekuppelung bald rechts, bald links läuft und dem Wagen somit eine vorrückende oder rückwärts schreitende Bewegung mittheilt.

Sind die beiden Axen der Rollen parallel, so wird der Apparat sich in gerader Richtung bewegen; verstellt man diese Axen aber derartig gegeneinander, daß sie sich in der Verlängerung schneiden würden, so wird der Wagen einen Kreisbogen beschreiben, dessen Mittelpunkt im Durchschnittspunkte der Axen liegt. Diese Verstellung der Axen wird auf folgende einfache Weise bewirkt. Diejenigen Enden der Axen, welche nicht die Kettenräder tragen, sind nicht am Gestell befestigt, sondern liegen in Gleitlagern, welche durch eine Schraube in Coulissen verschoben werden können, wenn die Schraube durch eine Schwungkurbel und ein Wurmrad gedreht wird. Dieselbe hat linkes und rechtes Gewinde und nähert die beiden Lager einander oder entfernt sie gleichzeitig von einander, je nach der Richtung, in welcher sie gedreht wird.

Diese ingeniöse Einrichtung macht die sonst bei derartigen Maschinen üblichen Eisenbahngeleise entbehrlich und bietet außerdem folgende Vortheile: sie gestattet das beliebige Vordringen in das Terrain mittelst einer sehr einfachen Manipulation, läßt sich überall ohne weitere Vorbereitung anwenden und wird mit der größten Bequemlichkeit ohne alle weiteren Kräfte und Vorrichtungen weiter gerückt.

Wenn man damit einen Einschnitt herstellen will, so kann man sich des Arbeitens mit Schwenken bedienen, d. h. den Apparat, wenn er den davon beschreibbaren Bogen abgearbeitet hat, um die Stärke eines Eimers vorrücken lassen und die Richtung der Drehung umkehren, um diejenige Zone des Terrains dranzunehmen, welche der Vorrückung entspricht, hierauf wieder vorrücken und den Bogen wieder nach der andern Richtung beschreiben lassen u. s. w. Es leuchtet ein, daß man auf diese Weise den Einschnitt so weit bekommt, als die Sehne des größten von der Baggerleiter beschreibbaren Bogens beträgt.

Will man solch einen Einschnitt verbreitern oder ein Nivellement herstellen, so kann man folgendermaaßen verfahren. Man stellt die Baggerleiter in die äußerste Stellung der Kreisbewegung und auf die Seite, wo man das Terrain angreifen will, fixirt sie in dieser Stellung und baggert beim Vorrücken auf eine gewisse Länge eine Zone aus. Ist man so bis an das sich gesteckte Ziel gekommen, so dringt man um eine Eimerstärke in den Stoß ein, indem man die Axen der Triebrollen gegeneinander verstellt, führt diese Axen wieder in die parallele Stellung zurück und schreitet nach dem Anfangspunkte der Arbeit zurück. Dort dringt man abermals um eine Eimerstärke ein und schreitet nun wieder vorwärts.

In diesem Falle erfolgt also die Gewinnung zonenweise parallel zur Richtung der Bewegung. Hätte man eine

derartige Arbeit auf größere Strecken vorzunehmen, so könnte man hierzu eine besondere Baggermaschine bauen, welche minder complicirt wäre, weil dazu die kreisförmige Bewegung der Baggerleiter nicht erforderlich ist.

Es ließen sich auch auf einem und demselben Wagen zwei oder mehr Baggerleitern placiren, von denen die eine um soviel hinter der andern zurückstünde, als ein Eimer wegnimmt, und auf diese Weise würde man im Stande sein, bei einmaliger Aufstellung eine viel breitere Zone zu bearbeiten.

Bei diesen verschiedenen Methoden kann nun das Abschütten der Massen entweder in Wagen, welche hinter dem Bagger hergehen, oder in Wagen, welche auf einem daneben liegenden parallelen Gleise laufen, erfolgen, oder es kann beides gleichzeitig geschehen.

(Mém. et Compt.-rend. des travaux d. l. Soc. des Ingénieurs Civils. 2. série, 17. année, 4. cah.)

Notiz
über
die Regenverhältnisse des Seinebassins.

Von
Belgrand, Oberingenieur des Straßen- u. Brückenbauwesens.

Sämmtliche hydrometrische Beobachtungen, welche im Seinebassin angestellt werden, fließen in dem Bureau eines Oberingenieurs zusammen, geben jedoch, obwohl sie zum Theil schon eine ansehnliche Reihe von Jahren umfassen, noch keine vollständigen Reihen, weil die mit diesen Beobachtungen beauftragten Ingenieurs nicht alle gleichviel Wichtigkeit darauf gelegt haben, sind auch nicht ganz genau vergleichbar untereinander, weil die Pluviometer nicht überall in gleicher Höhe aufgestellt sind. Dessenungeachtet lassen sie schon sehr deutlich das Gesetz der Vertheilung der Regenmenge erkennen, was zu manchen interessanten Bemerkungen Anlaß giebt.

Nachstehende Tabelle giebt die Jahres-Mittel für die verschiedenen Stationen.

Man ersieht daraus, daß an mehreren Stationen die Pluviometer hoch (auf den Dächern) aufgestellt sind, was durchaus falsch ist, weil das Dach Windstauungen und Wirbel, welche einen Theil der Regentropfen zur Seite werfen, verursacht, derartig aufgestellte Regenmesser also stets weniger Regen, als die nahe über dem Boden in einem Hofe oder Garten aufgestellten, anzeigen. Ferner bemerkt man verschiedene bedauernswerthe Lacunen in den Beobachtungen. Sollten die Beobachtungen vergleichbar sein, so müßten sie sich auf dieselben Jahre beziehen, und da dies nicht überall der Fall ist, so werden wir nur die vier letzten Jahre benützen, über welche vollständige Beobachtungsreihen existiren.

Name der Station.	Höhe. Met.	Zeitdauer der Beobachtungen.	Höhe des Gefäßes über dem Boden. Met.	Durchmesser des Pluviometers. Met.	Jährliche Regenmenge im Durchschn. Millim.
Bassin der Yonne:					
Les Settons (Granit-Morvan)	596,68	7 Jahre (1858—1864)	0,27	0,40	1570,4
Chateau Chinon desgl.	550,00	7 „ (1858—1864)	1,70	0,205	422,6
Saulieu „	539,00	11 „ (1854—1864)	0,30	0,246	992,6
Lacolancelle (Rand des Morvan)	279,23	14 „ (1851—1864)	„	0,400	740,1
Pannetière desgl.	276,38	15 „ (1850—1864)	0,38	0,350	894,9
Clamecy desgl.	147,06	15 „ (1850—1864)	0,78	0,400	695,3

Name der Station.	Höhe. Met.	Zeitdauer der Beobachtungen.	Höhe des Gefäßes über dem Boden. Met.	Durchmesser des Pluviometers. Met.	Jährliche Regenmenge im Durchschn. Millim.
Vezelay (Rand des Morvan)	—	10 Jahre (1855—1864)	1,30	0,400	755,1
Avallon desgl.	240,25	13 J. (1850—64), 1853 u. 64 fehlen	0,50	0,400	603,0
Pouilly (Lias-Auxois)	395,50	12 J. (1852—1864), 1854 fehlt	1,15	1,000	775,4
Grosbois desgl.	411,80	7 Jahre (1858—1864)	7,60	0,400	742,7
Thenissey „	300,00	6 „ (1859—1864)	9,00	0,226	761,1
Venarey „	238,14	3 „ (1862—1864)	7,00	0,227	685,8
Montbard „	218,36	12 „ (1852—64), 1854 fehlt	1,10	1,000	701,4
Auxerre (Oolyth)	122,30	15 „ (1850—1864)	0,80	0,400	639,7
Tonnerre desgl.	140,51	3 „ (1862—1864)	3,00	0,226	679,2
Chablis „	157,66	6 „ (1859—1864)	13,40	0,230	590,2
Laroche (weiße Kreide)	85,70	7 „ (1858—1864)	1,30	1,000	582,5
Joigny desgl.	82,17	12 „ (1853—1864)	3,49	0,400	606,3
Sens „	81,85	15 „ (1850—1864)	9,86	0,400	608,5
Saint-Martin „	66,00	4 „ (1861—1864)	1,45	0,400	524,3
Eigentliches Seinebecken.					
Chanceau (oolythische Berge)	„	4 Jahre (1861—1864)	0,28	0,180	832,5
Chatillon sur Seine desgl.	„	desgl.	0,30	0,245	597,2
Bar sur Seine (Grenze der feuchten Champagne)	157,01	desgl.	5,16	0,226	881,3
Vendeuvre (feuchte Champagne, untere Kreide)	165,43	desgl.	10,70	0,226	757,2
Chaumesnil desgl.	147,50	desgl.	6,30	0,230	597,6
Toucy (Grenze der feuchten Champagne, untere Kreide)	186,36	13 J. (1850—64), 1853 u. 64 fehlen	0,45	0,400	702,1
Barberey (trockne Champagne)	97,71	4 Jahre (1861—1864)	10,00	0,235	406,3
Conflans desgl.	„	desgl.	7,35	0,225	370,5
Courbeton (Tertiärform., Brie)	57,31	desgl.	8,64	0,167	660,8
Melun desgl.	57,30	desgl.	9,45	0,225	413,1
Paris „	(a)	6 Jahre (1859—1864)	(a)	„	527,2
Rouen (weiße Kreide)	„	3 „ (1862—1864)	„	„	645,5
Fatouville (Meeresküste)	96,00	8 „ (1857—1864)	(b)	(b)	799,2
Bassin der Oise.					
Hirson (Fuß der Ardennen)	196,26	4 Jahre (1861—1864)	13,50	0,226	656,0
Berry au Bac	64,74	desgl.	7,71	0,225	350,2
Laon (Tertiärform., Grobkalk)	184,58	desgl.	0,36	0,230	592,7
Venette desgl.	40,86	desgl.	5,88	0,225	398,0
Beauvais (Grenze des Braylandes)	79,33	desgl.	11,60	0,200	487,0
Pontoise (Berin, Grobkalk)	32,99	desgl.	5,25	0,250	427,0

a) In Paris werden an 7 Stationen, nämlich bei den Reservoirs von Passy in 77,57 Meter, zu Monceaux in 52,62 Meter, zu Vaugirard in 49,58 Meter, zu Villette in 54,38 Meter, zu Menilmontant in 50,65 Meter, beim Reservoir Saint-Victor in 49,69 Meter und beim Reservoir des Pantheon in 67,74 Meter Höhe Beobachtungen angestellt.

b) 5 Pluviometer von verschiedenem Durchmesser von 25 bis 0,01 Quadratmeter Fläche.

Da das Seinebecken ein Küstenklima besitzt, so regnet es viel. In den trockenen Jahren 1861—1864 sind z. B. auf dem Pharus zu Fatouville beobachtet worden

1861	1862	1863	1864	
703,67	831,85	649,69	650,44	Mill. Regenfall.

Dieses Becken besteht zunächst an der Meeresküste aus einem fast horizontalen, sich zum Oisethale erstreckenden Plateau, über welchem die Winde allmälig ihre Feuchtigkeit

abgeben, sodaß die Regenmengen auf den Höhen des Oisethales bedeutend geringer sind, als diejenigen zu Fatouville.

In diesem Thale hat man folgende Regenmengen beobachtet:

1861	1862	1863	1864	
478,5	568,7	442,2	451,2	Millimeter,

und zu Paris fast übereinstimmend:

1861	1862	1863	1864	
470,8	548,6	451,4	408,4	„

wobei jedoch zu bemerken ist, daß die Regenmengen des Oisethales nach den Durchschnitten aus den längs des Flusses von den Ardennen bis nach Pontoise hin angestellten Beobachtungen berechnet sind, und daß man eine weit geringere Zahl als für Paris erhalten würde, wollte man blos die Beobachtungen der letzteren Station vergleichen.

Von Paris weg steigt das Plateau sanft nach der Champagne zu an und die geringe Zunahme an Höhe compensirt kaum die größere Entfernung vom Meere; das Minimum der Niederschläge fällt in die Gegend der trocknen Champagne. Man hat z. B. beobachtet

	1861	1862	1863	1864	
im eigentlichen Seinethal:					
Melun (Brie)	411,8	520,8	349,1	371,3	Millim.
Conflans (Champagne)	407,0	432,5	349,8	293,8	„
Barberey (Grenze der Champagne)	369,3	480,3	426,8	348,9	„
im Yonnethal:					
Saint Martin	452,8	560,0	576,5	468,9	„
Sens	475,8	616,8	535,8	439,0	„
Joigny	480,3	603,8	648,2	453,6	„
Laroche	437,0	658,1	697,4	467,8	„

Von der feuchten Champagne an steigt das oolithische Terrain der Bourgogne rasch und dasjenige des Morvan noch mehr und gleichzeitig steigt auch die Höhe des gefallenen Regens, wie nachstehende Aufstellung zeigt.

Regenmenge in Millimetern im Jahre	1861	1862	1863	1864.
Oisebecken:				
Hirson, am Fuße der Ardennen (196,26 Meter hoch)	631,06	781,01	688,8	522,5
Seinebecken:				
Chatillon sur Seine (Höhe nicht angegeben)	509,9	609,7	656,5	616,8
Chanceaux (ungefähr 500 Meter hoch)	676,9	917,8	925,5	811,7
Yonnebecken:				
1. Thal des Armançon, Serain, Brenne und Oze.				
Tonnerre (Armançon, 140,51 Meter hoch)	„	746,9	769,0	521,6
Pouilly (Armançon, 395,50 „ „)	556,7	721,2	762,4	617,9
Montbard (Brenne, 218,36 „ „)	540,0	644,4	616,0	554,0
Benarey (Brenne, 238,14 „ „)	„	709,7	942,3	405,5
Gros-Bois (Brenne 411,08 „ „)	602,5	688,8	771,3	676,6
Thenissey (Oze, 300,00 „ „)	529,9	690,3	801,5	677,0
Saulieu (Serain-Morvan, 539,00 Meter hoch)	865,1	1017,3	1025,7	707,1
2. Thal der Flüsse Cure und Cousin.				
Avallon (Cousin, 240,25 Meter hoch)	475,0	639,0	590,8	555,7
Vezelai (Cure, „ „ „)	581,0	805,2	715,6	664,9
Les Settons (Cure-Morvan, 596,68 „ „)	1394,1	1679,6	1501,2	1399,4
3. Thal der Yonne.				
Auxerre (122,30 Meter hoch)	556,9	643,7	732,3	499,9
Clamecy (147,06 „ „)	552,7	689,2	716,7	503,0
Pannetière (276,88 „ „)	669,9	844,9	733,4	716,2
Lacollancelle (279,23 „ „)	623,2	754,2	716,6	702,0

Im Allgemeinen wächst die Regenmenge mit der Höhe, indessen giebt es von dieser Regel zahlreiche Ausnahmen. Es zeigt sich z. B., daß es in den Niederungen und Thälern der feuchten Champagne und am Fuße der oolithischen Bergkette der Bourgogne, welche in südöstlich-nordwestlicher Richtung das Seinebecken durchschneidet, viel mehr regnet, als auf den benachbarten Höhen, wie folgende Beobachtungen nachweisen:

	1861	1862	1863	1864
Toucy (Thal des Loing, Höhe 186,36 Meter)	488,5	761,1	878,8	684,4
Bar sur Seine (Seinethal, „ 157,01 „)	692,4	966,3	1082,6	784,2

	1861	1862	1863	1864
Vendeuvre (Barsethal, Höhe 159,00 Meter)	533,3	939,5	821,3	734,8
Chaumesnil (Aubethal, „ 147,50 „)	508,8	752,3	560,0	569,8
Bar le Duc (Ornainthal, „ 195,00 „)	766,6	766,6	926,7	771,8

während die zu Barberey, Conflans und Laroche auf den Höhen der trocknen Champagne, und selbst die zu Chatillon sur Seine, Auxerre u. s. w. am Fuße des Côte d'Or-Gebirges bemerkten Regenmengen weit geringer sind. Noch größer ist der Contrast zwischen den im Thale und auf den Bergen gefundenen Regenmengen:

Les Settons (im Curethale, 596 Meter hoch)	1394,1	1679,6	1501,2	1399,4
Chateau Chinon (auf einem Berge, 560 „ „)	322,4	417,9	423,0	323,1

obwohl dieser Contrast durch siebenjährige Beobachtungen nachgewiesen ist.

Für viele andere Localitäten läßt sich dasselbe Verhältniß nachweisen, und Herr Vignon, welcher die Aufmerksamkeit der Meteorologen zuerst auf diese Anomalie gelenkt, erklärte sie dadurch, daß er annahm, die Menge des Regens wachse an einem und demselben Orte um so mehr, je mehr er in die tieferen Schichten der Atmosphäre gelange. Diese Erklärung ist aber als unhaltbar erkannt worden, richtiger scheint die Hypothese der Ingenieure Fournié und Renou, welche die Regentropfen mit den in einer Flüssigkeit schwimmenden schweren Körpern vergleichen und sich vorstellen, daß Alles, was eine Verzögerung des Windes bewirke, z. B. ein Thalvorsprung, eine Erweiterung in einem Thale u. s. w., einen stärkeren Regenniederschlag hervorrufe. Aber auch diese Erklärung paßt nicht auf die Verhältnisse der Champagne, welche eine nur leicht gewellte und mit wenig tiefen Thälern durchschnittene große Ebene ist. Vielleicht hat man sich die Sache so zu denken, daß die Massen der bewegten Luft wie andere Flüssigkeiten den Weg nehmen, wo sie die geringsten Widerstände finden; wie nun in einem ausgetretenen, ein ganzes Flußbette ausfüllenden Flusse viel mehr Wasser über dem Thalwege abfließt, als an den Ufern, wo die Geschwindigkeit eine geringere ist, so strömt auch in einer gegebenen Zeit zwischen zwei äquidistanten verticalen Linien über einem Thale viel mehr feuchte Luft ab, als über den anliegenden Höhen, es fällt also dort auch mehr Regen.

Von den angeführten Ausnahmen abgesehen bestätigt sich übrigens die Regel, daß höher gelegene Gegenden einen stärkeren Regenfall haben als niedriger gelegene, vollkommen, wenn man die Regenmengen des höchst gelegenen Yonnebeckens mit denjenigen des tieferliegenden Seine- und des tiefst gelegenen Oisebeckens vergleicht:

	1861	1862	1863	Mittel
Yonnebecken	585,8	740,0	734,8	689,9
Seinebecken	525,0	712,6	632,5	623,4
Oisebecken	478,5	568,7	442,2	496,5

Die angeführten Regenmengen müßten übrigens, wenn man annehmen könnte, daß sie in demselben Maaße unter dem Mittelwerthe zurückgeblieben seien, als dies in Paris für diese drei Jahre der Fall gewesen ist, mit $\frac{575,6}{490,3} = 1,17$ multiplicirt werden, um die wahrscheinliche Regenmenge für diese drei Becken zu finden. Wenn indessen auch zwischen den Regenmengen nahe gelegener Orte ein annähernd constantes Verhältniß stattfindet, so gilt dies doch leider nicht mehr für die entfernteren Ortschaften. Es fiel z. B.

	1861	1862	1863
zu Les Settons	2,96	3,06	3,33
„ Chateau-Chinon	0,69	0,79	0,94
„ Venette	0,78	0,88	0,79

mal soviel Regen, als zu Paris. Im Seinebecken selbst herrscht aber im Allgemeinen ein wunderbar gleichförmiges Klima. Tritt Trockenheit ein, so herrscht sie überall gleich; Anschwellungen eines Flusses der Normandie können dazu dienen, um Anschwellungen für die Flüsse des Morvan vorherzusagen.

Die specielleren Aufzeichnungen lassen auch erkennen, daß die Niederschläge der heißen Monate für die Flüsse ganz ohne Einfluß sind; Anschwellungen der Flüsse werden nur durch Herbst-, Winter- und Frühjahrsregen verursacht. Im Monat Januar 1863 fielen z. B. im Sammelgebiete

der Seine	Yonne	Oise	im Mittel
61,7	67,0	37,6	60,8 Mill.

Regen und, obwohl diese Menge gering ist, so behielt doch die Seine in diesem Monat 2,3 Meter zu Anfang, 3,3 Meter in der Mitte, 2,65 Meter über Null zu Ende. Die regnerischsten Monate waren dagegen August, September und October, und namentlich fielen gegen den 20. September so starke Regengüsse, daß die Weinernte darunter litt; trotzdem aber stieg die Seine gegen Ende September nur auf 1,33 Meter über Null und zeigte als höchsten Wasserstand nur 2,43 Meter.

Herr Dausse hat dieses Verhältniß schon längst ausführlich nachgewiesen.

Was die außergewöhnlichen Tiefwasserstände der Seine anlangt, so hängen dieselben nicht blos von der Niederschlagsmenge des betreffenden Jahres ab, es ist dabei vielmehr weiter zu beachten:

1. die Trockenheit der vorangegangenen Jahre,
2. die Dauer der Regenniederschläge.

Die Seltenheit außerordentlich hoher Wasserstände im 19. Jahrhundert und die außerordentliche Trockenheit der letzten Jahre läßt keineswegs auf eine Verminderung der Niederschläge schließen. Wäre die Abholzung daran Schuld, wie manche Ingenieurs aus dem Grunde behaupten wollen, weil dadurch der Boden durchlässiger geworden sei, und die Höhe der Anschwellungen in Folge der Absorption der Regenwässer abgenommen habe, so müßten nothwendig die Sommerwasserstände zugenommen haben, aber die Aufzeichnungen weisen das Gegentheil nach.

Es ist also in der Natur der Flüsse keine Veränderung eingetreten und man kann die scheinbaren Abweichungen in den Hoch- und Niedrigwasserständen, welche im 19. Jahrhundert beobachtet worden sind, nur rein zufälligen oder vielmehr solchen Erscheinungen zuschreiben, deren lange Periode wir noch nicht kennen gelernt haben. Höchstens möchten die in den letzten Jahren unausgesetzt ausgeführten Baggerarbeiten und die gute Instandhaltung des Flußbettes das Niveau der Niedrigwasserstände noch um einige Centimeter erniedrigt haben, dies genügt aber nicht, um die ungemein niedrigen Wasserstände der letzten Jahre zu erklären.

(Nach den Annales des ponts et chaussées, 4. série, 5. année, 4. cah.)

Praktisches Verfahren zur Vertheilung der Last auf die Räder und zur Bestimmung der Gegengewichte bei Locomotiven.

Von

Em. Desmousseaux de Givré.

(Hierzu Tafel 14.)

1. Allgemeine Auseinandersetzung. — Annähernde Lösung.

Es giebt bei den Locomotiven vier verschiedene Arten von Ursachen der Störung des Gleichgewichtes und der unegalen Abnutzung der Bandagen, nämlich:

1. die zufälligen Ursachen A (Erhöhungen des Gleises, Reaction der Schienen in den Curven u. s. w.);

2. die Trägheit des Mechanismus I; periodische Kräfte, welche nur vom Quadrat der Geschwindigkeit $(\pm\omega)^2$ abhängen, mit jeder Umdrehung (2π)*) ihre Periode beschließen und für die entgegengesetzten Stellungen α und $\alpha+\pi$ der Kurbel gleiche Werthe mit entgegengesetzten Zeichen annehmen;

3. die Wirkungen des Dampfes V; periodische Kräfte, welche nur von den Bedingungen der Vertheilung abhängen, und ihre Richtung damit ändern, überhaupt aber mit jeder halben Umdrehung des Rades ihre Periode beschließen;

4. eine zweite Art von Wirkung des Dampfes W, welche aus der Neigung der Cylinder hervorgeht; diese periodischen Kräfte hängen nicht blos von den Umständen der Vertheilung ab, sondern ihre Periode umfaßt, wie diejenige der Trägheitswirkungen eine ganze Umdrehung (2π) und sie haben für entgegengesetzte Stellungen der Kurbel α und $\alpha+\pi$ gleiche Werthe mit entgegengesetzten Zeichen.

Gute Verhältnisse der Construction und Unterhaltung schwächen die Wirkungen dieser vier Arten von Kräften und helfen allein den Wirkungen der Kräfte A ab.

Wenn wir zunächst auf die Kräfte V eingehen, so sehen wir, daß sie nicht durch Gegengewichte aufgehoben werden können, da sie sich durchaus mit den Trägheitsäußerungen nicht vergleichen lassen, und da sie überdies innerhalb gewisser Grenzen bleiben, so groß die Geschwindigkeiten auch werden mögen, so können sie für die Sicherheit nie gefährlich werden. Dagegen ist ihre unausgesetzte Thätigkeit für die Schonung des Materiales sehr nachtheilig und bewirkt namentlich die starke und ungleiche Abnutzung der Räder, besonders der Triebräder, weshalb wir hier eine derartige Vertheilung des Gewichtes der Maschinen aufsuchen wollen, bei welcher die auf jedem Rade ruhende constante Last im Verhältniß der Intensität der Kräfte V des

*) Wir vernachlässigen die sehr secundären Einwirkungen, welche der Acceleration der Locomotive und gewissen Einflüssen entsprechen, deren Periode eine halbe Umdrehung der Kurbel umfaßt, und werden eine gleiche Vernachlässigung bezüglich gewisser Einflüsse der Wirkungen des Dampfes begehen.

Dampfes vermindert wird, sodaß die Last der Triebräder bedeutend geringer als diejenige der andern gekuppelten Räder ausfällt. Dies ist namentlich bei den am meisten gebräuchlichen Maschinen der Fall, deren Cylinder vor der Triebaxe liegen.*)

Was die Kräfte I anlangt, so haben wir, wenn wir voraussetzen, daß die sich drehenden Theile auf jeder Axe genau äquilibrirt sind, nur die trägen Massen des Kolbens**) und seiner Gegengewichte zu behandeln. Die Trägheit des Kolbens ruft die schlingernden und stoßenden Bewegungen hervor, welche den Bandagen und Zugketten so schädlich sind, da aber andrerseits die Gegengewichte des Kolbens verticale Wirkungen hervorrufen, in Folge deren die Pressung unter der Bandage zwischen einem, die zulässige Grenze des Widerstandes überschreitenden und einem hinter der unteren, zur Verhinderung von Ausgleisungen erforderlichen Grenze zurückbleibenden Werthe variiren könnte, so darf offenbar nur ein Theil des Kolbengewichtes durch Gegengewichte ausgeglichen werden.

Wir empfehlen, wie zeither nur $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ davon auszugleichen, da die Erfahrung diese Verhältnisse als solche kennen gelehrt hat, bei denen vollkommene Sicherheit mit ziemlich guter Oekonomie erreicht wird. Es erscheint zweckmäßig, die Gegengewichte des Kolbens in gleichen Theilen auf die verschiedenen Axen zu vertheilen, in Berücksichtigung dessen, was wir eben über die starke Abnutzung der Triebradbandagen gesagt haben, schlagen wir aber vor, am Triebrade keinerlei Gegengewicht für den Kolben anzubringen, obschon es bei nicht horizontal liegenden Cylindern vortheilhafter ist, anders zu handeln, wie wir bei der Betrachtung der Kräfte W sehen werden.

Nach der Beschaffenheit dieser Kräfte lassen sie sich unter gewissen mittleren Verhältnissen der Admission und Geschwindigkeit leidlich durch Gegengewichte compensiren und derartige Gegengewichte sind bei der üblichen Disposition des Cylinders über und vor der Triebaxe um so nützlicher, da sie sich bei dem Triebrade, dessen Entlastung so wichtig ist, gleichzeitig sowohl in verticalem Sinne den Kräften W, als in horizontaler Projection der Trägheit des Kolbens entgegenstellen.

Deshalb schlagen wir vor, auf der Triebaxe den durch die Formel

$$\frac{\vartheta P}{g}\omega^2 r = K(\gamma D)$$

bestimmten Bruchtheil ϑP des Gewichtes P des Kolbens auszugleichen, wenn

- r den Halbmesser der Triebaxenkurbel,
- γ die Neigung des Cylinders,
- D den mittleren Druck auf den Kolben,
- ω die Winkelgeschwindigkeit,
- K einen den Bruchtheil der auf der Triebaxe ruhenden Belastung $D\gamma$ messenden Coefficienten bedeutet, der bei drei ungefähr gleichweit von einander abstehenden Axen und bei unter dem Schwerpunkt liegender Triebaxe, etwa $\frac{2}{3}$ beträgt.

Für Maschinen mit freien Axen hätte man im Allgemeinen $\vartheta > \frac{1}{4}$; man darf dem Resultat nicht Rechnung tragen, sondern wird ein Drittel bis ein Viertel des Kolbengewichtes ausgleichen. Für Maschinen mit gekuppelten Axen wird man die Ausgleichung des Gewichtes ϑP auf der Triebaxe*) und diejenige des Gewichtes $\left(\frac{1}{3} - \vartheta\right)P$ wo möglich mittelst gleichförmig vertheilter Gegengewichte auf den andern gekuppelten Axen bewirken. Auf diesen Axen vernachlässigen wir die Ausgleichung der Kräfte W, welche hier sehr wenig Bedeutung haben, und deren Gegengewichte in der horizontalen Richtung meistens wie die Trägheit der Kolbenmasse**) wirken würden.

*) Wir wollen hier schon vorläufig bemerken, daß, wenn die Cylinder wirklich hinter den Triebrädern placirt wären, diese Räder nicht so sehr der Entlastung bedürfen würden; denn wenn in diesem Falle auch die tangentiellen Kräfte V_t dieselben bleiben, so verändern doch die normalen Kräfte V_n das Zeichen und lüften das Triebrad, statt es nach unten zu pressen.

**) Unter Kolben ist hier der Kolben sammt Stange, Kreuzkopf und zugehörigem Theil der Schubstange verstanden. Als zugehörigen Theil der Schubstange rechnen wir vorläufig die Masse B_b, welche auf dem Kreuzkopf ruht, vermehrt um $\frac{1}{12}$ der ganzen Masse B, während der übrige Theil der Schubstange (also die Masse B_a, welche auf dem großen Kreuzkopfe sitzt, vermindert um $\frac{1}{12}$ der ganzen Masse) als rotirende Theile angesehen werden. Uebrigens ist angenommen, daß die Gegengewichte nur an den Rädern angebracht sind, was die einzige praktische Art, sie anzubringen, ist.

*) Wollte man die verticalen Componenten der Trägheit der Kolbenmassen genau auf der Triebaxe compensiren, so würde man verschiedene Gegengewichte für die beiden Räder einer Axe erhalten, was zu großen Complicationen und folglich Fehlgriffen führen würde. Ueberdies würde diese Correction meist zu einer Zurückstellung der beiden Gegengewichte der beiden Räder um denselben, dem Neigungswinkel γ der Cylinder ziemlich gleichen Winkel führen, und da andrerseits die Ausgleichung der Kräfte W gerade das Voreilen dieser Gegengewichte um einige Grade verlangen würde, so unterläßt man am besten die Correction dieser beiden kleinen Fehler, die sich selbst zu compensiren streben.

**) Wir sprechen hier von den Maschinen mit unten und vorn liegenden oder mit oben und hinter der Triebaxe liegenden Cylindern. Bei diesen glücklicherweise nur seltenen Maschinen können sich die Kräfte W auf der Triebaxe nicht ausgleichen, denn die Trägheit der Gegengewichte würde sich in horizontalem Sinne zu derjenigen der Kolben addiren. Für Maschinen mit unter und hinter der Triebaxe liegenden Cylindern würde man in derselben Lage sein, wie bei Maschinen mit oben und vorn liegenden Cylindern, wenigstens bezüglich der Ausgleichung der Kräfte W.

Es ist kaum nöthig zu bemerken, daß für die Locomotiven, welche ebenso oft vorwärts als rückwärts laufen, die Kräfte W sich nicht compensiren lassen, da sie ihre Vorzeichen mit der Richtung der Bewegung verändern.

Hiernach lassen sich unsere Vorschläge bezüglich der üblichsten Arten von Maschinen folgendermaaßen resumiren:

1. Bei Maschinen mit freien Axen fahre man fort, $^1/_3$ bis $^1/_4$ der Kolbenmasse auszugleichen,
2. bei Maschinen mit gekuppelten Axen überhaupt (die gewöhnliche Lage des Cylinders vor der Triebaxe angenommen) belaste man die Triebräder viel geringer als die gekuppelten Räder und vertheile die Gegengewichte, welche $^1/_3$ bis $^1/_4$ der Kolbenmasse ausgleichen, zu gleichen Theilen über die übrigen gekuppelten Axen.

In dem besonderen Falle, wo die Cylinder geneigt vor und über der Triebaxe liegen und die Maschinen gewöhnlich vorwärts laufen, gleiche man auf der Triebaxe einen durch die Formel

$$\vartheta P \frac{\omega^2 r}{g} = K(\gamma D)$$

gegebenen Theil der Kolbenmasse und das übrige Gewicht

$$\left(\frac{1}{3} - \vartheta\right) P$$

mittelst Gegengewichten aus, welche zu gleichen Theilen auf die andern gekuppelten Axen vertheilt sind.

Nachstehend folgen einige Beispiele.

1. Beispiel. — Hat man eine gewöhnliche gemischte Maschine von 30 Tonnen Schwere mit außenliegenden horizontalen Cylindern, drei großen, gleichweit abstehenden gekuppelten Paaren von Rädern und Triebrädern, welche senkrecht unter dem allgemeinen Schwerpunkte liegen, so würden wir $^1/_6$ des Gewichtes der Kolben auf jedem der äußeren Räderpaare ausgleichen und wenigstens provisorisch folgende Vertheilung des Gewichtes treffen:

Belastung auf die Vorderräder	10,5 Tonnen,
„ „ „ Triebräder	9,0 „
„ „ „ Hinterräder	10,5 „
	30,0 Tonnen.

2. Beispiel. — Ist die Maschine eine gemischte Maschine mit vorn- und außenliegenden horizontalen Cylindern, einem Paar Triebräder von 1,8 Meter Höhe in der Mitte, einer gekuppelten Axe vorn und einem Paar Laufräder hinten, kurz die Vertheilung diejenige von Figur 1 auf Tafel 14, so verlangt die Sicherheit eine minder starke Belastung der Vorderaxe, man kann also nach unserer Ansicht etwas an Oekonomie opfern, weil es nur zwei gekuppelte Axen giebt und die Räder einen großen Durchmesser besitzen, wird aber die beiden gekuppelten Axen mit demselben Gewichte von 10,5 Tonnen belasten. Was das Kolbengewicht, welches zu 150 Kilogrammen anzusetzen ist, anlangt, so würde man $^1/_3$ davon, also 50 Kilogramme auf der Vorderaxe compensiren.

Wir schließen diesen Paragraph mit der Angabe einiger praktischen Hilfsmittel zur Verminderung der Abnutzung der Radbandagen.

Zunächst ist eine sehr vortheilhafte Anordnung anzuführen, welche auf der Nordbahn versucht worden ist. Sie besteht darin, daß man verschiedene Radbandagen anwendet, gußstählerne für die Triebräder und schmiedeeiserne für die übrigen gekuppelten Räder. Man kann dann bei passender Vertheilung der Belastung eine ziemlich gleichförmige Abnutzung sämmtlicher Bandagen an allen Rädern erzielen.

Zweitens ist zu bemerken, daß sich die Bandagen der Räder auf der rechten und linken Seite nicht gleichförmig abnutzen; man kann also in gewissen Fällen die Dauer wesentlich erhöhen, wenn man die Axen umlegt, sobald ihre Bandagen etwa halb so weit abgenutzt sind, als für das Aufziehen neuer Bandagen nothwendig ist.*)

Nach dem Vorgange mancher Ingenieure kann man auch die verschiedenen Axen, welche zu einer Garnitur gehören, unter sich vertauschen.

2. Praktische Methode der Beobachtung und Correction, welche zu einer definitiven Lösung führt.

Wenn die Vertheilung der Last und der Gegengewichte in der angegebenen Weise geschehen ist, so prüft man die Erfolge und beobachtet dabei genau Folgendes:

1. den Durchmesser des Abdrehens d jeder aus der Werkstatt kommenden Axe,
2. den größten Durchmesser d_1, auf welchen dieselbe in die Werkstatt zurückkehrende Axe abgedreht werden könnte, wenn sie allein in Betracht käme.

Hätte man z. B. für Maschinen mit drei gekuppelten Axen durchschnittlich die folgenden Werthe der Größe $d - d_1$ gefunden:

---

*) Die Verschiedenheit der Abnutzung der Räder auf der rechten und linken Seite rührt vorzüglich von der Stellung der Kurbeln in rechten Winkeln zu einander her. Sie ist doppelter Art: erstens giebt es Verschiedenheiten in der Abnutzung der Quere nach, welche besonders an den Vorderrädern sichtbar sind, dann giebt es Verschiedenheiten in der Abnutzung nach der Länge, welche davon herrühren, daß die Perioden der Wirkung der Kräfte V bei den beiden Rädern um $\frac{\pi}{2}$ verschieden sind, während die Perioden der Kräfte I und W um einen Winkel ϑ verschieden sind, welcher stumpf oder spitz ausfällt, je nachdem die Cylinder außen- oder innenliegende sind. Diese allgemeine Ursache der ungleichen Abnutzung der rechts und links stehenden Räder kann durch fehlerhafte Montirung erhöht werden, auch wird die Stellung des Bremses der Maschine hierauf nicht ohne Einfluß bleiben.

Vorderaxe mit	10,3 Tonnen	Belastung	3 Mill.
Triebaxe „	9,4 „	„	6 „
Hinteraxe „	10,3 „	„	4 „

so versucht man die nachstehende Vertheilung der Belastung:

Vorderaxe	10,5 Tonnen.
Triebaxe	9,0 „
Hinteraxe	10,5 „

Durch ein derartig geregeltes Probiren wird man bald zu einer gleichförmigen Abnutzung $(d - d_1)$ gelangen.

Hätte man dann bei den der Abnutzung am stärksten ausgesetzten Rädern $d - d_1 = 4$ Mill. (statt 6 Mill. wie vorher) erhalten, so würde die mögliche Dauer der Bandagen im Verhältniß von $1/_4 : 1/_6$, also um 50% erhöht werden.

Ein noch exacteres und insofern, als es alle Ursachen der schlechten Leistung der Bandagen aufzudecken und ihnen abzuhelfen gestattet, auch vollkommneres Mittel ist das Folgende.

Man nimmt bei jedem Abdrehen die Abnutzung über jeder Speiche genau auf, so daß man in Stand gesetzt wird, nach einer größeren Zahl von Beobachtungen für jedes Rad das Mittel der stärksten Abnutzung und die mittlere Curve der Abnutzung anzugeben, wie dies in Fig. 2 durch einen starken Strich angedeutet ist.

Diese Resultate muß man nun zu analysiren suchen, um die Einflüsse der drei Arten von periodischen Kräften, nämlich

V = Wirkungen des Dampfes der ersten Art,
W = „ „ „ „ zweiten „
I = Trägheitseinfluß des Kolbens sammt Gegengewichten

zu eliminiren.

Nimmt man den Mittelwerth aus mehreren Beobachtungen, so eliminirt man dadurch den Einfluß der Heterogenität der Bandagen; so ist für jedes Rad das Mittel U_0 aus der Maximal-Abnutzung jeder Messung gewöhnlich merklich größer als das Maximum U der mittleren Curve und die Differenz $U_0 - U$ zeigt, wie stark oder gering die Homogenität ist.

Nimmt man weiter an, daß zwischen der Abnutzung U und den Kräften D, T und N (Vertical- und Horizontalkräften), welche sie bewirken, eine lineäre Beziehung:

$$U = aD + bT + cN \quad . \quad . \quad . \quad (a)$$

existirt, so werden die Trägheit I und die Wirkungen W des Dampfes, welche für zwei entgegengesetzte Stellungen α und $\alpha + \pi$ der Kurbel annähernd gleich und von entgegengesetzter Richtung sind, eine Abnutzung U' von der in Fig. 2 mit punktirten Linien angegebenen Form bewirken, welche keine Verminderung der mittleren Stärke, also auch keine Veränderung in dem Wälzungsumfange der Bandage zur Folge hat. Andrerseits bewirken diejenigen Wirkungen des Dampfes V, deren Periode π ist, Abnutzungen derselben Periode. Nennen wir U'' den Einfluß der Kräfte V und der constanten Belastung der Räder, so lassen sich die Wirkungen U' und U'' leicht trennen.*) Man braucht nur das Mittel aus den beiden Theilen mpn und nqm der Curve U zu nehmen, welche zwei Hälften des Rades entsprechen; dieses Mittel wird die Abnutzung U'' und die Differenz U — U'' die Abnutzung U' sein.

Liegen die Cylinder horizontal, so sind die Wirkungen W gleich Null und da die I annähernd von der Form

$$A \sin\alpha + B \cos\alpha$$

sind, so würde U' auf α bezogen eine Sinusoide sein.

Hierbei ist überall eine lineare Beziehung zwischen den Ursachen und Wirkungen vorausgesetzt. In diesem Falle führt die vorstehende Zerlegung zu partiellen Resultaten U'U'', welche für das rechte und linke Rad derselben Axe gleich sind, man hat also:

$$U'_r = U'_l, \quad U''_r = U''_l.$$

Ist es anders, so ist die lineare Beziehung (a) nicht genau und dies ist in der That meist der Fall, weil die Bandagen meist bis zur Grenze der Festigkeit belastet sind, wie es eine gute Ausnutzung verlangt. Trotzdem gestattet die vorstehende Zerlegung die Erkennung folgender Umstände:

1) welche Einwirkung die vorherrschende ist, die Trägheit oder die Wirkungen des Dampfes;
2) welche Veränderungen in der Vertheilung der Belastungen und Gegengewichte auf die verschiedenen Axen vorzunehmen sind.

Nachdem ich an einem Beispiele die Wirkungen U und U' in der oben angegebenen Weise getrennt hatte, war ich im Stande folgende Ueberſicht aufzustellen (s. flgde. Seite).

Prüfen wir diese Ergebnisse näher, so sehen wir,

daß sich die Abnutzung u' bei Anbringung passender Gegengewichte, mindestens an den Punkten, welche den Maximalwerthen u'' entsprechen, ganz vermeiden lassen dürfte,

daß die Abnutzung u'' namentlich für die Triebräder sehr beträchtlich wird, daß aber bei Entlastung dieser Räder

---

*) Eine beliebige Function $u = f(\alpha)$, welche in Reihenform entwickelt: $u = A + B\sin\alpha + C\cos\alpha + D\sin^2\alpha + E\sin\alpha\cos\alpha + G\sin^3\alpha + \ldots$ giebt, läßt sich zerlegen in die zwei Theile: $u' = B\sin\alpha + C\cos\alpha + G\sin^3\alpha + \ldots$ und $u'' = A + D\sin^2\alpha + E\sin\alpha\cos\alpha + \ldots$, wovon Ersterer aus den Gliedern ungerader Potenz in $\sin\alpha$ und $\cos\alpha$ besteht, 2π zur Periode hat und gleiche, aber mit entgegengesetzten Zeichen behaftete Werthe für zwei um π verschiedene Winkel giebt, Letztere dagegen aus Gliedern gerader Potenz in $\sin\alpha$ und $\cos\alpha$ besteht und π zur Periode hat. Eine ähnliche Zerlegung ließe sich mit einer Function vornehmen, deren Reihe die Form:

$$u = \Sigma_0 (A_m \sin m\alpha + B_m \cos m\alpha) \text{ hätte.}$$

Bezeichnung.	Vorderräder rechts.	Vorderräder links.	Triebräder rechts.	Triebräder links.	Hinterräder rechts.	Hinterräder links.
Vertheilung der Last auf die Räder	10000 Kil.		10500 Kil.		10500 Kil.	
Rotirende Massen, deren Trägheit bei jedem Rade die Abnutzung u' hervorruft. . .	80 Kil. $^1/_8$ des Kolbengewichtes, welches auf der andern Seite der Kurbel wirkt.		80 Kil. Gewicht, welches aus Mangel an Platz für Gegengewichte nicht ausgeglichen ist und nach der Axe der Kurbel wirkt.		80 Kil. $^1/_8$ des Kolbengewichtes, welches auf der andern Seite der Kurbel wirkt.	
	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.
Maximum der von der Trägheit herrührenden Abnutzung u'	0,5	0,3	0,7	0,8	0,5	0,4
Maximum der Abnutzung u'', welche durch die constanten Belastungen und die Wirkungen V des Dampfes entsteht	2,0	2,2	4,8	4,5	2,9	2,3
Maximum der gesammten Abnutzung . U .	2,2	2,1	5,4	5,2	2,9	2,5
Wirkung der Heterogenität $U_0 - U = H$.	1,3	1,1	2,6	2,4	1,5	1,3
Verlust beim Abdrehen*) . . . . . R .	4,5	4,8	0,0	0,4	3,6	4,2
Totale Abnutzung zwischen zweimaligem Abdrehen $U+H+R$	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0

um 1000, 1500 Kilogr. oder im Nothfall um noch mehr es möglich sein muß, die Größen U'' der Abnutzung bei allen Rädern ziemlich gleich groß zu machen, nämlich beispielsweise gleich dem Mittelwerthe

$$\frac{2{,}0 + 2{,}2 + 4{,}8 + 4{,}5 + 2{,}9 + 2{,}3}{6} = 3{,}1 \text{ Millimeter.}$$

Gelänge es aber auch nur den Werth $U'' = 4{,}0$ zu erzielen, so wird, da $u' = 0$ zu machen ist, die ganze Summe für dieses Rad den höchsten Werth $U = 4$ (statt 5,4) annehmen, und da die Wirkung der Heterogenität offenbar der Abnutzung u proportional ist, sich also in demselben Verhältniß reducirt, so gelangt man für das rechtsseitige Triebrad auf $H = 2$ Millimeter, kurz es wird die Dauer der am meisten angegriffenen Bandagen, bei der Verminderung der Abnutzung auf 8 bis 10 Millimeter sich im Verhältniß von 8:6 oder um 33 Procent erhöhen.

Wir schließen diesen Paragraphen mit der Citirung einer ziemlich häufig vorkommenden und leicht zu erklärenden Thatsache, nämlich mit der Beobachtung, daß die von einer gewissen Kraft auf ein gewisses Rad ausgeübte Abnutzung nicht blos an der Bandage dieses Rades sichtbar wird, sondern sich mehr oder weniger auch an den Bandagen der übrigen gekuppelten Räder bemerklich macht.

*) Dieser Verlust ist dadurch bedingt, daß sämmtliche Räder einer Garnitur nothwendig auf den Durchmesser des am meisten abgenutzten Rades (hier des Triebrades) abgedreht werden müssen.

3. Regel und Hilfsmittel für die Anwendung der Gegengewichte.

Nachstehende Regel giebt unmittelbar die Masse und Stellung der Gegengewichte, welche zur Ausgleichung der rotirenden Masse und eines beliebigen Theiles der Maschinentheile mit alternirender Bewegung erforderlich sind. Sie gilt für jede beliebige Vertheilung der Gegengewichte auf die verschiedenen Axen.

Allgemeine Regel.

Alle treibenden oder zur Kuppelung gehörenden Maschinentheile für eine Axe werden ausgeglichen durch zwei Gegengewichte von derselben Masse m, welche an den beiden Rädern anzubringen sind. Diese Gegengewichte sind nach Fig. 3 auf Taf. 14 zu befestigen, nämlich symmetrisch zu der Halbirungslinie PQ des Winkels der Kurbeln*), und ihre Gesammtmasse ist gleich der zu balancirenden Masse multiplicirt mit einem Coefficienten K. Der Coefficient K, sowie der Winkel ϑ zwischen den beiden Gegengewichten hängen von dem Abstande e der halben Uebertragungstheile auf der linken und rechten Seite ab**) und können

*) Hieraus folgt, daß jedes Rad, wenn man es für sich betrachtet, mit gleich schweren Gegengewichten in identischer Stellung zu versehen ist, daß also die Räder rechts und links nach gleichem Modell anzufertigen sind.

**) Der Abstand der halben Bewegungstheile einer Maschine mit innenliegenden Cylindern ist gleich dem Abstande der Cylinder von Axe zu Axe.

Bezeichnung der Bewegungs-mechanismen.	e Abstand der Bewegungs-theile rechts und links von einander.	ϑ Winkel zwischen den Resultirenden der Gegengewichte der Räder rechts und links.	K Coefficient, mit welchem die zu compensirende Masse zu multipliciren ist, um die Gegengewichte zu finden.	Bemerkungen.
	Meter.	Grade.		
Theile der Kuppelung, äußerlich überhängend bei äußerlichen Rahmen	2,60	120	1,42	Je nachdem e größer, gleich oder kleiner als der Abstand von 1,5 Meter zwischen den Ebenen der Räder ist, wird ϑ ein stumpfer, rechter oder spitzer Winkel und K größer, gleich oder kleiner als die Einheit.
	2,50	118	1,38	
	2,40	116	1,34	
	2,30	113	1,30	
	2,20	111	1,26	
Kuppelungstheile oder treibende Maschinentheile bei Maschinen mit außenliegenden Cylindern	2,10	109	1,21	
	2,00	106	1,18	
	1,90	103	1,14	Diese Tabelle bezieht sich auf 1,5 Meter Spurweite, läßt sich aber leicht auf einen andern Abstand der Radebenen, z. B. 1,75 Meter, umrechnen, wenn man die in der zweiten Columne befindlichen Werthe von e mit $\frac{1,75}{1,5} = \frac{7}{6}$ multiplicirt.
	1,80	100½	1,12	
Fictive Bewegungstheile in der Ebene der Räder	1,50	90	1,00	
Treibende Bewegungstheile für Maschinen mit innenliegenden Cylindern	1,20	78	0,91	
	1,10	73	0,88	
	1,00	67	0,86	
	0,90	62	0,83	
	0,80	56	0,81	
	0,70	50	0,78	
	0,60	44	0,76	
	0,50	37	0,75	
	0,40	30	0,74	

mit genügender Genauigkeit*) aus vorstehender Tabelle entnommen werden.

Wenn die Gegengewichte der beweglichen Theile in dieser Weise jedes für sich bestimmt sind, so sucht man ihre Resultirende für jedes Rad und zerlegt sie in partielle Gegengewichte, welche man zwischen den Speichen und so nahe als möglich am Kranze anbringt, da die Wirkung des Gegengewichtes wie das Product der Masse in den Abstand seines Schwerpunktes von der Axe wächst.

Der Abstand der halben Kuppelungstheile einer beliebigen Locomotive wird um einige Centimeter geringer geschätzt, als der Abstand der Axen der Kuppelstangen, weil bei diesem Mechanismus auch die Kurbeln mit inbegriffen sind, welche in der Ebene der Räder liegen, also nicht so weit auseinanderstehen, als die Kuppelstangen.

Der Abstand der halben Bewegungstheile bei einer Maschine mit außenliegenden Cylindern und freien Rädern wird ebenfalls um einige Centimeter geringer, als der Abstand der Cylinderaxe geschätzt, weil die treibenden Kurbeln mit darin begriffen sind, welche in der Ebene der Räder liegen.

Wollte man übrigens ganz scharf rechnen, so könnte man dreierlei Bewegungstheile getrennt betrachten: 1. den treibenden Mechanismus in der Ebene der Cylinder, 2. die gesammten Kurbeln der Kuppelung in der Ebene der Räder, 3. die gesammten Kuppelstangen.

*) Es wird angenommen, daß das Gegengewicht auf einen Punkt des Umfanges eines mit der Kurbellänge als Radius beschriebenen Kreises reducirt worden sei, wobei der Radius der treibenden oder Kuppelungs-Kurbel zu nehmen ist, je nachdem es sich um die treibenden Bewegungstheile oder diejenigen der Kuppeluug handelt.

Beispiele.

1. Maschinen mit freien Rädern (Fig. 4). — Hier sind keine Kuppelungstheile vorhanden; die Gegengewichte des treibenden Mechanismus befinden sich sämmtlich auf der Triebaxe und der Winkel ϑ, den sie unter sich einschließen, ist ein stumpfer oder spitzer, jenachdem die Cylinder innerlich oder äußerlich liegen.

2. Maschinen mit gekuppelten Rädern und innenliegenden Cylindern. — Setzen wir den gewöhnlichen Fall voraus, wo die Kuppelungskurbeln den Triebkurbeln gegenüberliegen, Fig. 5, und betrachten wir irgend eine Axe, z. B. die Triebaxe, für welche r_m, l_m, r_n, l_n die Gegengewichte für die Trieb- und Kuppelungstheile auf der rechten und linken Seite sein mögen, so sind die Gegengewichte r_m und r_n, l_m und l_n eines und desselben Rades nach Art der Figur, also ziemlich entgegengesetzt anzubringen: ihre Resultanten sind sehr klein.

3. Maschinen mit gekuppelten Rädern und außenliegenden Cylindern (Fig. 6). — Nimmt man beispielsweise drei gekuppelte Axen an, so liegen die Triebmechanismen außerhalb der Kuppelungstheile und auf jeder Axe (der Triebaxe z. B.) wird der Winkel ϑ_k der Gegengewichte der Kuppelungstheile ein stumpfer Winkel und kleiner als der Winkel ϑ_t der Gegengewichte des treibenden Mechanismus sein. Die Gegengewichte r_t und r_k, l_t und l_k eines Rades sind nach Angabe des Croquis Fig. 6, also fast auf derselben Seite anzubringen: ihre Resultante ist daher annähernd der Summe gleich.

Hierzu ist noch zu bemerken, daß für alle gekuppelten Axen einer Maschine mit außen- oder innenliegenden Cylindern ϑ_t und K_t constant und ϑ_k und K_k nahezu constant ausfallen.

Analytische Lösung.

4. Specielles über die Wirkungen des Dampfes.

Die Wirkungen des Dampfes sind in Fig. 7 analytisch dargestellt. Man kann die Widerstände an den Enden der Triebstange in eine Kraft P in der Richtung der Axe des Dampfcylinders und in eine Kraft P_1 normal zur Axe des Cylinders

$$P_1 = \frac{P r \sin\alpha}{l} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

zerlegen, wenn α den von der Kurbel zurückgelegten Winkel (vom vorderen todten Punkte an gerechnet) bezeichnet.

Letztere Kraft P_1 erhält, da P gleichzeitig mit $\sin\alpha$ das Zeichen wechselt, gleiche Werthe für entgegengesetzte Stellungen α und $\alpha + \pi$ der Kurbel und hat folglich eine Periode von der Dauer π.

Hiernach sind die Wirkungen des Dampfes auf die Triebräder, welche in der Skizze durch ausgezogene Pfeile dargestellt sind, abgesehen von den horizontalen Wirkungen, welche nur einen Druck der Schmierlager gegen die Gabeln erzeugen, folgende:

1. ein Kräftepaar mit dem Momente

$$M = P r \sin\alpha + P_1 r \cos\alpha$$
$$= P r \left(\sin\alpha + \frac{r}{l} \sin\alpha \cos\alpha\right),$$

dessen Periode annähernd die Dauer π hat, da das Glied $\frac{r}{l} \sin\alpha \cos\alpha$ mit der Periode 2π gegen das andere Glied vernachlässigt werden kann,

2. ein Kräftepaar der Widerstände mit dem Momente

$$T \frac{d}{2},$$

welches sich auf die verschiedenen gekuppelten Räder je nach der Montirung und Adhäsion verschieden vertheilt, und dessen Periode offenbar π ist,

3. die verticalen Componenten von P und P_1, nämlich

$P\gamma$ mit der Periode 2π und

$P_1 (1-\gamma^2)$, oder nahezu P_1 mit der Periode π.

Was die Wirkungen auf die aufgehängten Theile anlangt, welche in der Skizze mit Doppellinien eingezeichnet sind, so reduciren sie sich in der Hauptsache auf folgende:

1. eine Kraft P_1 normal zur axialen Ebene der Cylinder mit der Periode π, welche im Schwerpunkte der aufgehangenen Theile wirkt,

2. ein Kräftepaar M_2 von der Periode π gleich dem Product aus der Kraft P_1 in den Abstand a ihrer mittleren Stellung (Mitte der Lineale) vom Schwerpunkte G,

3. ein zweites Kräftepaar M_1 von der Periode π, gleich dem Producte des Zuges T in die Differenz

$$\left(0{,}97 - \frac{d}{2}\right)$$

zwischen der Höhe der Kuppelketten und dem Radius $\frac{d}{2}$ der Triebräder,

4. eine verticale Kraft $P\gamma$ von der Periode 2π senkrecht über der Triebaxe.

Die Vertheilung dieser Kräfte auf die verschiedenen Bandagen hängt von der Stellung und Biegsamkeit der Aufhängfedern ab.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, daß die Wirkungen T, P_1, M_1, M_2 nicht mit P ihre Richtung verändern und die Periode π besitzen: sie bilden hauptsächlich die im 1. Paragraphen mit V bezeichneten Wirkungen. Die mit W bezeichneten Wirkungen sind dagegen hauptsächlich diejenigen, welche die verticale Componente $P\gamma$ (hervorgerufen durch die schiefe Lage der Cylinder) erzeugt; sie verändern ihre Richtung mit P, haben die Periode 2π und nehmen für zwei entgegengesetzte Stellungen α und $\alpha + \pi$ der Kurbel gleiche und entgegengesetzte Zeichen an.

Man könnte die jedem Rade entsprechenden verschiedenen Werthe von V und W genau als Functionen von α ausdrücken, was allerdings sehr complicirte Formeln geben würde, es hat dies aber keinen Werth, weil man die verschiedenen Arten der Abnutzung nicht als Functionen der sie erzeugenden Kräfte darstellen kann. Es dürfte überhaupt eine genügende Anschauung von der Größe der Kräfte V geben, wenn man ihren Mittelwerth für eine Umdrehung des Rades und unter der Voraussetzung, daß die beiden Cylinder in der Symmetrieebene liegen, berechnet, was mittelst der in nachstehendem Tableau angegebenen Formeln geschehen kann.

Formeln zur Berechnung der mittleren Abweichungen in der Belastung laufender Locomotiven.

Bezeichnungen:
- d Durchmesser des Triebrades,
- l Länge der Triebstange,
- a Abstand des Kolbenstangenquerhauptes im Mittel des Hubes vom Schwerpunkte des aufgehangenen Gewichtes,
- d_1, l_1, F_1 Durchmesser, Hub und Querschnitt des Dampfkolbens in Centimetern,
- n_1 Zahl der effectiven Atmosphären $=(n-1)$, wenn n die Spannung im Kessel ist.

Formeln.	Bemerkungen.
p mittler Druck in den Cylindern: Personenzüge $p = 0{,}6\,.\,1{,}03\,.\,n_1$; Güterzüge $p = 0{,}65\,.\,1{,}03\,.\,n_1$	Lechatelier.
T mittlere Zugkraft für einen Radumgang $T = p\,\frac{d_1^2 l_1}{d}$	desgl.
2P mittler Druck des Dampfes in beiden Cylindern $2P = p\,\frac{\pi d_1^2}{2} = 2pF_1$	Die verticalen Widerstände P_1 entstehen durch die schief liegende Schubstange. Der Mittelwerth für einen Umgang ergiebt sich aus den Mitteln 1. der vier Minima von $2P_1$, welche den todten Punkten entsprechen und den Werth $pF_1\frac{l_1}{2l}$ besitzen, 2. der vier Maxima von $2P_1$, welche bei der Stellung von 45° der Kurbeln eintreten und den Werth $pF_1\frac{l_1}{2l}\sqrt{2} = 1{,}4.pF_1\frac{l_1}{2l}$ besitzen. Der Mittelwerth hiervon ist $1{,}2.pF_1\frac{l_1}{2l} = 0{,}3.2P\frac{l_1}{l}$.
$2P_1$ Widerstand normal zur Axe des Cylinders an jedem Ende der treibenden Schubstange, Mittelwerth der Resultirenden der beiden Schubstangen für einen Radumgang: $2P_1 = 0{,}3.2P.\frac{l_1}{l}$	
μ_1 Moment für das Kräftepaar aus der Zugkraft, welche bei 0,97 Meter Höhe in der Kuppelung wirkt, und aus der in der Höhe der Axe der Triebräder thätigen Dampfkraft: $\mu_1 = T\left(0{,}97-\frac{d}{2}\right)$	Die in dieser Weise bestimmten Mittelwerthe von P_1 und μ pro Umgang entsprechen jeder Neigung der Cylinder.
μ_2 Moment der Kräfte P_1, welche durchschnittlich in der Mitte der Führungsliniale angreifen: $\mu_2 = 2P_1.a$	Aendert sich die Richtung des Ganges, so ändern die Größen P_1 und μ gleichzeitig die Zeichen.
Ausdrücke für die resultirenden Kräfte, welche Veränderungen der Belastung bewirken:	Befindet sich der Cylinder hinter dem Rade, so ändern die P_1 das Zeichen; μ ist durch die relative Lage der Führungslineale und des Schwerpunktes bestimmt.
auf die Triebaxe: $2P_1$ von oben nach unten; auf die aufgehangenen Theile: $2P_1$ von unten nach oben im Schwerpunkt — $2P_1 = 0{,}3.2P.\frac{l_1}{l}$	
auf die aufgehangenen Theile: μ Kräftepaar, welches ein Umstürzen nach hinten versucht: $\mu = \mu_1 + \mu_2$	

Wenn die Locomotiven starke Steigungen, z. B. von 1:50, befahren müssen, so muß ein genauerer Ausdruck für μ_1 gesucht werden, als der obige.

Der Widerstand pro Umgang $T\pi d$ entsteht

1. aus dem im Zughacken wirkenden Zuge T_z,
2. aus der Componente des Gewichtes L der Locomotive parallel zu der Bahn, deren Steigung $\frac{\alpha}{1000}$ beträgt, also $\frac{\alpha}{1000}$ L,
3. aus dem eigenen Widerstande der Locomotive, welcher B Kilogramm pro Tonne betragen mag, also

$$\frac{B}{1000}\,L.$$

Daher ergiebt sich für den totalen Widerstand der Ausdruck

$$T = T_z + \frac{\alpha + B}{1000}.L.$$

Bezeichnet man mit h die Höhe des Schwerpunktes der Locomotive über den Schienen, so ist der genauere Ausdruck für das Kräftepaar μ_1

$$\mu_1 = \left(0{,}97-\frac{d}{2}\right)T_z + \left(h-\frac{d}{2}\right)\frac{\alpha}{1000}\,L.$$

Wendet man hierfür den oben angegebenen Ausdruck $\mu = \left(0{,}97 - \frac{d}{2}\right) T$ an, so fehlt man doppelt, einmal indem man das zu große T für T_x setzt, und dann indem man das Glied $\left(h - \frac{d}{2}\right) \frac{\alpha L}{1000}$ wegläßt, doch neutralisiren sich diese beiden Fehler bis zu der Steigung $\alpha = 20$ so ziemlich.

Um ein Beispiel vorzuführen, wollen wir eine Maschine von dem bei der Nordbahn angenommenen Typus betrachten, welche auf Steigungen von 10 bis 12 pro Mille laufen und fast continuirlich die Hälfte ihrer Maximal-Zugkraft ausüben soll, sechs Paar gekuppelte Räder mit 10 Tonnen Belastung und ein Paar außenliegende horizontale Cylinder an jedem Ende besitzt. Es sei:

$d = 1{,}00$ Meter,
$l = 1{,}10$ „
$d_1 = 0{,}44$ „ , also $F_1 = 0{,}15205$ Quadr.-Meter,
$l_1 = 0{,}44$ „ , also $\frac{l_1}{l} \doteq \frac{1}{25}$,
$a = 3{,}10$ „
$n_1 = n - 1 = 10 - 1 = 9$ Atmosphären.

Dann ergiebt sich annähernd:

$p = 6{,}00$ Kil. pro Quadr.-Centimeter,
$T = 5000$ Kil. pro Satz von drei gekuppelten Axen,
$2P = 18000$ „ „ „ „
$2P_1 = 2150$ „ „ „ „
$\mu_1 = T\left(0{,}97 - \frac{d}{2}\right) = 5000 \cdot 0{,}47 = 2350$, also für beide Laufwerke $2\mu_1 = 4700$,
$\mu_2 = 2P_1 . a$ oder für beide Laufwerke $2\mu_2 = 2P_1 . a_1$, wenn a_1 den Abstand der Mitten der Lineale der beiden Laufwerke bedeutet, und zwar $2\mu_2 = 2150 . 6{,}2 = 13400$,
$\mu = 2\mu_1 + 2\mu_2 = 18100$.

Wenn bei jedem Laufwerke die Federn durch Compensationsbalanciers verbunden sind, sodaß die Belastungen annähernd auf allen Rädern gleich sind, und wenn die beiden Triebaxen 3,7 Meter Abstand haben, so wird das Kräftepaar 2μ die Wirkung haben, daß jede der Hinteraxen mit

$$\frac{1}{3} \cdot \frac{2\mu}{3{,}7} = \frac{1}{3} \cdot \frac{18100}{3{,}7} = 1700$$

belastet wird. Da ferner von den beiden Triebaxen A_1 und A_2 die eine mit $2P_1 = 2150$ belastet, die andere um ebensoviel entlastet ist, so ergeben sich schlüßlich folgende Belastungen:

auf der Vorderaxe A_1 $10000 - 1700 = 8300$ Kil.
„ Triebaxe A_1 $10000 - 1700 + 2150 = 10450$ „
„ Mittelaxe A_1 $10000 - 1700 = 8300$ „
auf der Mittelaxe A_2 $10000 + 1700 = 11700$ Kil.
„ Triebaxe A_2 $10000 + 1700 - 2150 = 9550$ „
„ Hinteraxe A_2 $10000 + 1700 = 11700$ „

Hierbei ist allerdings die Zugkraft im Maximum in Ansatz gebracht und es würden, wenn der Mittelwerth um die Hälfte kleiner wäre, die oben berechneten Verschiedenheiten um die Hälfte geringer sein, da aber andrerseits die obigen Resultate nicht die größten Belastungen sind, welche an gewissen Punkten der Radreifen das Maximum der Abnutzung und folglich die Dauer bestimmen, sondern blos relative Mittel für zwei Cylinder und eine Umdrehung, so wird man sich für gewöhnlich nicht sehr von der Wahrheit entfernen, wenn man annimmt, daß durch den Druck des Dampfes in der Belastung der Räder die oben angegebenen Variationen von $\frac{1}{2}$ 1700 und $\frac{1}{2}$. 2150 Kilogrammen hervorgerufen werden.

Um den hierdurch entstehenden Unegalitäten in der Abnutzung abzuhelfen, erscheinen zwei Auswege möglich, nämlich

erstens, daß man derartige Tenderlocomotiven ebenso oft vor- als rückwärts laufen läßt, weil die Kräfte V_n mit der Richtung der Bewegung entgegengesetzte werden und ihre Wirkungen sich also zu heben streben,

zweitens, daß man, wenn die Maschinen in der Regel vorwärts laufen müssen, die verschiedenen Axen umwechselt und die Belastung im Ruhezustande so regulirt, daß sich ein Theil der Kräfte V_n, z. B. zwei Drittel davon, aufhebt. Vollständige Compensation darf man aus Rücksichten auf den Rückwärtsgang nicht anstreben.

Bis jetzt ist nur von den Wirkungen V_n normal zu den Bandagen die Rede gewesen; was die tangentiellen Wirkungen V_t anlangt, so sind sie besonders für die Triebräder beträchtlich und sie annulliren sich nicht, ob sie gleich mit der Richtung des Laufes ihr Vorzeichen ändern. Aus diesem Grunde muß man die Last auf den Triebrädern zu reduciren suchen. Beträgt die Verminderung in unserm Beispiele 400 Kilogramme, so wird man die Vertheilung (unter Annahme des Vorwärtsganges) folgendermaaßen vornehmen (s. umstehende Seite).

5. Von der Aufhängung auf Federn.

Wenn die Größen μ und P_1 in der angegebenen Weise berechnet sind, so fragt sich noch, in welcher Weise ihre Wirkungen auf die verschiedenen Axen vertheilt sind.

Dies ist nicht schwer, wenn es sich, wie bei dem vorigen Beispiele um eine Maschine mit einer bestimmten Vertheilung handelt, und dies wird bald der häufigste Fall sein, da die Anwendung der Compensations-Balanciers

Bezeichnung der Axen.	Belastung*) in der Ruhe.	mittlere bei 5000 Kil. Zugkraft pro Laufwerk. Vorwärtsgang.	Rückwärtsgang.
1. Vorderaxe	$10000+\frac{2}{3}.1700+\frac{400}{2}=11350$	$11350-1700=9650$	$11350+1700=13050$
2. Triebaxe	$10000-\frac{2}{3}.450-400=9300$	$9300+450=9750$	$9300-450=8850$
3. Mittelaxe	$10000+\frac{2}{3}.1700+\frac{400}{2}=11350$	$11350-1700=9650$	$11350+1700=13050$
4. Mittelaxe	$10000-\frac{2}{3}.1700+\frac{400}{2}=9050$	$9050+1700=10750$	$9050-1700=7350$
5. Triebaxe	$10000+\frac{2}{3}.450-400=9900$	$9900-450=9450$	$9900+450=10350$
6. Hinteraxe	$10000-\frac{2}{3}.1700+\frac{400}{2}=9050$	$9050+1700=10750$	$9050-1700=7350.$

immer häufiger wird. Handelt es sich dagegen um eine Locomotive, welche auf mehr als zwei Paar unabhängigen Federn ruht, so wird die Rechnung ziemlich complicirt, denn man muß für jede Feder die Biegsamkeit K und die Coordinaten, z. B. die Abstände x und y der Mitte der Feder vom Schwerpunkte, einführen, wobei diese Abstände parallel und normal zur Symmetrieebene der Maschine zu nehmen sind. Wäre die Biegsamkeit unter jeder Belastung constant und der Rahmen vollkommen steif, so lassen sich die Biegungen jeder Feder durch lineare Functionen der thätigen Kräfte, nämlich der Verticalkraft P_1, des in einer Verticalebene parallel zum Gleise thätigen Kräftepaares μ**) und des in einer Verticalebene normal zum Gleise thätigen Kräftepaares μ_1 ausdrücken.

Wir wollen uns auf den einfachen Fall beschränken, wo die Federn hinten und vorn ziemlich symmetrisch vertheilt sind und man annehmen kann, daß der Schwerpunkt des aufgehangenen Theiles unter dem Einflusse der Kräftepaare μ und μ_1 ziemlich unbeweglich bleibt. In diesem Falle nehmen die durch die longitudinale und transversale Neigung α und β und durch die verticale Verschiebung z des Schwerpunktes hervorgerufenen Verschiebungen des Rahmens folgende Ausdrücke an:

$$(1)\quad \begin{cases} \alpha = \dfrac{\mu}{\Sigma\left(\dfrac{x^2}{K}\right)}, \\ \beta = \dfrac{\mu_1}{\Sigma\left(\dfrac{y^2}{K}\right)}, \\ z = \dfrac{P_1}{\Sigma\left(\dfrac{1}{K}\right)}. \end{cases}$$

In diesen Formeln, welche Herr Vojacek, ein ehemaliger Schüler der polytechnischen Schule in Prag, aufgestellt hat, mißt der Ausdruck

$\Sigma\left(\frac{x^2}{K}\right)$ den Widerstand der Locomotive gegen das Galoppiren,

$\Sigma\left(\frac{y^2}{K}\right)$ den Widerstand gegen das Wanken (roulis) und

$\Sigma\left(\frac{1}{K}\right)$ den Widerstand gegen die verticale Bewegung.

Wenn man bedenkt, daß die Coordinaten x und y in der zweiten Potenz in diesen Formeln (1) auftreten, so wird man leicht erkennen, von welch' großem Einflusse die Stellung der Federn auf die Stabilität ist.*)

*) Die berechneten Verschiedenheiten V_n sind eigentlich nicht ganz genau, denn die Arme der Balanciers sind unegal, wofür man zweierlei Gründe hat. Erstens ist nämlich die Triebaxe selbst schwerer als die andern gekuppelten Axen und man darf ihr daher nicht einen ebenso großen Theil des aufgehangenen Gewichtes aufladen; zweitens aber haben wir die Ungleichheit der Vertheilung der aufgehangenen Gewichte (in der Ruhe) selbst noch vergrößert. Uebrigens sind die Correctionen der Werthe V_n so leicht zu bewirken, daß wir hierauf nicht näher eingehen zu müssen glauben.

**) Wenn man die Voraussetzung macht, daß die Verticalkräfte in die mittlere Durchschnittsebene der Maschine gerückt seien, so ist dies dasselbe, als wenn man $\mu_1 = 0$ setzt, wie in Paragraph 4 geschehen ist. Das andre verticale Kräftepaar ist daselbst mit 2μ bezeichnet worden, um anzudeuten, daß es von den beiden Cylindern herrührt.

*) Will man nicht die Voraussetzung machen, daß der Schwerpunkt mit dem Nullpunkt der Oscillation zusammenfällt, so kann man an Stelle der Formeln (1) nachstehende anwenden, bei denen jedoch $\mu_1 = 0$ vorausgesetzt ist:

$$(2)\quad \begin{cases} \alpha = +\mu \dfrac{\Sigma_0}{\Sigma_2\Sigma_0+\Sigma_1^2} - P_1 \dfrac{\Sigma_1}{\Sigma_2\Sigma_0+\Sigma_1^2}. \\ z = -\mu \dfrac{\Sigma_1}{\Sigma_2\Sigma_0+\Sigma_1^2} + P_1 \dfrac{\Sigma_2}{\Sigma_2\Sigma_0+\Sigma_1^2}. \end{cases}$$

6. Analytische Untersuchungen über die Trägheitswirkungen.

Da die Ausgleichung der eine Dreh- oder alternirende Bewegung machenden Maschinentheile äußerst einfach ist, so wollen wir vor allen Dingen die Wirkungen der Trägheit der treibenden Schubstange analysiren. Für diejenigen, welche noch nicht näher auf diese Gegenstände eingegangen sind und nach den Unterlagen fragen sollten, auf welchen das Tableau im 3. Paragraphen beruht, wollen wir indessen vorher noch Folgendes bemerken.

Da zur Ausgleichung der Kuppelstangen u. s. w. der einem jeden Rade zugehörigen Masse ein entsprechendes Gegengewicht auf der andern Seite der Kurbel angebracht wird, so haben wir blos die treibenden Maschinentheile zu betrachten. Wären dieselben genau in der Ebene des Rades befindlich, so würde man dafür ebenfalls ein Gegengewicht auf der entgegengesetzten Seite der Triebkurbel anbringen. Nimmt man nun eine beliebige Locomotive und denkt man sich zwei neue Räder auf der Triebaxe in der Ebene der Cylinder, so müssen die auf diesen fingirten Rädern anzubringenden Gegengewichte c c auf der andern Seite der treibenden Kurbeln liegen. Es ist aber einleuchtend, daß man jedes von ihnen in zwei andre c_1 und c_2 zerlegen kann, welche auf den wirklichen Rädern zu befestigen sind und auf die Axe (mindestens bezüglich des Gleichgewichtes bei gleichförmigen Geschwindigkeiten) dieselbe Einwirkung haben. Es ergiebt sich also aus den Gegengewichten c c der fingirten Räder für jedes wirkliche Rad ein Gegengewicht als Resultante der Gegengewichte c_1 und c_2, dessen Bogenabstand ϑ und Verhältniß $\frac{C}{c}$ zum fingirten Gegengewichte nur von dem Verhältniß des Abstandes der Cylinder zum Abstande der wirklichen Räder abhängig ist.

Sei nun die Axe der Maschine O x die x-Axe und die y-Axe normal dazu (Fig. 8); sei ferner O der Mittelpunkt der Triebaxe, O b die Kurbel von der Länge b und a b die treibende Schubstange von der Länge l, deren Masse in dieser Linie vereinigt gedacht wird. Ist endlich α der von der Kurbel beschriebene Winkel, so sind die Coordinaten irgend eines Punktes m dieser Stange, dessen Abstand von a und b mit ϑl und φl bezeichnet werden mag,

$$x = -r\cos\alpha + \varphi\sqrt{l^2 - r^2\sin\alpha^2}$$
$$y = +\vartheta r\sin\alpha$$

Hier bedeutet $\Sigma_0 = \Sigma\left(\frac{1}{K}\right)$, $\Sigma_1 = \Sigma\left(\frac{x}{K}\right)$ und $\Sigma_2 = \Sigma\left(\frac{x^2}{K}\right)$. Zur Prüfung bemerke man, daß die Voraussetzung der Coincidenz des Schwerpunktes mit dem Nullpunkte darauf hinausgeht, daß $\Sigma_1 = 0$ angenommen wird; in diesem Falle gehen die Gleichungen (2) in die Gleichungen (1) über.

oder, wenn man $\cos\alpha = c$, $\sin\alpha = s$, $\sqrt{l^2 - r^2\sin\alpha^2} = R$ setzt,

$$x = -rc + \varphi R,\quad y = +\vartheta rs.$$

Hieraus folgt:

$$\frac{d^2x}{d\alpha^2} = +rc + \varphi\frac{d^2R}{d\alpha^2} \quad \text{und}$$
$$\frac{d^2y}{d\alpha^2} = -\vartheta rs.$$

Nennt man nun weiter $\frac{d\alpha}{dt} = \omega$, so ergeben sich die Projectionen der Trägheit der Masse m auf O x und O y und das Moment in Bezug auf O

$$\frac{m\,d^2x}{dt^2} = m\omega^2\frac{d^2x}{d\alpha^2} = m\omega^2\left(rc + \varphi\frac{d^2R}{d\alpha^2}\right),$$
$$\frac{m\,d^2y}{dt^2} = m\omega^2\frac{d^2y}{d\alpha^2} = m\omega^2(-\vartheta rs),$$
$$m\left(\frac{d^2x}{dt^2}y - \frac{d^2y}{dt^2}x\right) = m\omega^2\varphi\vartheta rs\left(R + \frac{d^2R}{d\alpha^2}\right).$$

Führt man diese Zerlegung für alle Punkte der Schubstange aus und ersetzt man die beiden resultirenden Kräfte in b durch zwei gleiche und parallele Kräfte in O und durch zwei Kräftepaare (welche auf das Rad wirken), so sieht man, daß die Trägheit dem in Fig. 9 dargestellten System von Kräften äquivalent ist. In dieser Figur ist nämlich der Abkürzung wegen:

- B für die totale Masse der Lenkerstange $= \Sigma m$,
- B_b für denjenigen Theil derselben, der im Drehpunkte b ruht, $= \Sigma m\vartheta$,
- B_a für denjenigen Theil derselben, der im Drehpunkte a ruht, $= \Sigma m\varphi$,
- B_c für $\Sigma m\vartheta\varphi$ und also
- $B_b - B_c$ für $\Sigma m\vartheta^2$

geschrieben und das Kräftepaar mit der Periode π, welches auf die Triebaxe wirkt und durch Gegengewichte nicht ausgeglichen werden kann, sowie die nach O x gerichtete Componente $\left[(B_a - B_c)\,\omega^2\frac{d^2R}{d\alpha^2}\right]$ weggelassen worden, weil diese Componente ebensowie $\frac{d^2R}{d\alpha^2}$ mit $\sin\alpha$ und $\cos\alpha$ von gerader Potenz ist und also die Periode π besitzt und nicht durch Gegengewichte am Rade ausgeglichen werden kann.

Das Moment von $B_c\omega^2rs$, welches im Punkte a angreift, in Bezug auf einen beliebigen Punkt, z. B. O hat annähernd den Werth

$$B\omega^2rs\,(l - rc) = B\omega^2rls - B\omega^2r^2sc,$$

besteht also aus zwei Gliedern, wovon das zweite von gerader Potenz nach $\sin\alpha$ und $\cos\alpha$ ist und nicht ausgeglichen, also auch nicht berücksichtigt werden kann. Man kann sich also die Verticalkraft $B_c\omega^2rs$ constant in der

Mitte h des Kolbenhubes angebracht denken. Diese auf den aufgehangenen Theil des Gewichtes wirkende Kraft wird sich nach der Biegsamkeit und Stellung der Federn auf die verschiedenen Axen vertheilen.*)

Hiernach hat die Trägheit der Schubstange dieselbe Wirkung als die Trägheit

1. einer Masse $(B_b - B_c)$ in der Warze der Kurbel, welche zu den rotirenden Massen zu addiren ist,
2. einer Masse $(B_a + B_c)$ im Kopfe der Kolbenstange, welche zu den Massen mit alternirender Bewegung zu addiren ist,
3. einer Masse B_c, welche die hin- und hergehende Bewegung $y = rs$ parallel zu Oy im Punkte h besitzt.

Da nun ziemlich allgemein $B_c = \frac{1}{12} B$ gesetzt werden kann, so läßt sich die Masse der Schubstange zerlegen:

in einen Theil mit alternirender Bewegung $(B_a + \frac{1}{12} B)$ und

in einen rotirenden Theil $(B_b - \frac{1}{12} B)$.

7. Von der zusammengesetzten Centrifugalkraft, welche beim Durchlaufen von Curven und durch das Schlingern hervorgerufen wird.

Nachstehende Rechnung zeigt die Wichtigkeit der einen von diesen Störungen, welche beim Gange stets eintreten und jede rein mathematische Bestimmung der Gegengewichte illusorisch machen. Betrachten wir zunächst die Bewegung in Curven. Bei der doppelten Drehbewegung um die Axe und um den Mittelpunkt C der Curve (Fig. 10) entsteht durch die zusammengesetzte Centrifugalkraft einer Axe mit Rädern

$$\text{ein Kräftepaar } M = I \omega \omega_1 = \frac{I v^2}{R r}$$

wenn I das Trägheitsmoment der Räder für die Axe,

R den Krümmungsradius,

r den Radhalbmesser,

v die Geschwindigkeit der Locomotive in Metern,

$\omega = \frac{v}{r}$ die Winkelgeschwindigkeit des Rades um die Axe,

$\omega_1 = \frac{v}{R}$ diejenige der Locomotive um den Punkt C

bedeutet.

Dieses Kräftepaar entlastet das innere Rad um ein Gewicht p, um welches das äußere Rad stärker belastet wird, und welches leicht zu berechnen ist. Wäre z. B. eine Triebaxe mit 2,3 Meter hohen Rädern und 3500 Kilogr. Totalgewicht, wovon 1500 Kil. auf den Kranz, 1500 Kil. auf die Speichen und 500 Kil. auf die Axe kommen mögen, zu betrachten, so hat man annähernd $I = 250$. Hat nun die Maschine 25 Meter Geschwindigkeit pro Secunde und bewegt sie sich in einer Curve von 500 Meter Radius, so erhält man nach der Formel:

$$M = \frac{250 . 625}{1{,}15 . 500} = 272$$

und wenn der Abstand der Schienen 1,5 Meter beträgt, so wird:

$$p = \frac{272}{1{,}5} = 181 \text{ Kilogramme.}$$

Die aus der Bewegung in Curven hervorgehende Centrifugalkraft ist also im Allgemeinen sehr klein; anders verhält es sich aber mit der Bewegung des Schlingerns (lacet), nämlich bei der Triebaxe, wo das Schlingern von der Trägheit der Massen, von den Wirkungen der Dämpfe und noch mehr von den Ungleichförmigkeiten der Bahn herrührt.

Wir wollen zunächst für jeden Moment die Bewegung der Maschine (auf geradlinigem Gleise) mit der Schlingerbewegung zu einer Kreisbewegung zusammensetzen. Die Schlingerbewegung läßt sich als eine sinusoidale Bewegung $\varepsilon = e \sin(\alpha + \delta)$ ansehen, wenn man annimmt, daß bei jedem Umgange des Rades eine doppelte Oscillation stattfindet und daß

ε den Winkel zwischen der Axe der Maschine und der Axe der Bahn,

e den größten Werth des Winkels ε bei jeder Oscillation,

α den von der linken Kurbel vom hinteren todten Punkte aus beschriebenen Winkel,

δ den Winkel bezeichnet, um wieviel die Schlingerbewegung der Bewegung der linken Kurbel voreilt.

Der momentane Drehungsradius hat für jede Stellung α der Kurbel den Näherungswerth:

$$R = \frac{v}{\frac{d\varepsilon}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dt}} = \frac{r}{\frac{d\varepsilon}{d\alpha}}$$

und der Minimalwerth ist: $\varrho = \frac{r}{e}$.

Wäre $r = 1{,}00$ Meter und $e = \frac{1}{100}$, was nach angestellten Beobachtungen durchaus nicht übertrieben ist, so erhält man

$$R = 100 \text{ Meter.}$$

*) Diese Correction ist leicht vorzunehmen, wir halten sie aber nicht für nöthig, da es ja verschiedene Kräfte giebt, die man nicht ausgleichen kann, und die Theile einer Locomotive bei den unausgesetzt damit geschehenden Vervollkommnungen im Gewichte zu sehr differiren.

Hieraus folgt, daß die Einflüsse des Schlingerns weit wichtiger als diejenigen der Bewegung in einer Curve sind, und es ergiebt sich zugleich, daß ein Stoß, welcher eine plötzliche Veränderung in der Richtung einer Locomotive erzeugt, schon wegen der Trägheitseinflüsse ein Ausgleisen oder Umwerfen der Locomotive herbeiführen kann.

(Mém. et Compt.-rend. des travaux d. l. Soc. des Ingénieurs Civils. 2. série, 17. année, 3. cah.)

Studien über Einstürze (Brüche) bei Tunnelbauten.

Vom

Abtheilungsingenieur Franz Ržiha zu Greene.

(Hierzu Tafel 15 bis 18.)

Es ist eine bekannte Thatsache, daß Einstürze, oder wie der Bergmann sagt: „Brüche" bei Tunnelbauten sehr häufig sind, und entsteht daher für jeden Ingenieur, welcher sich mit Tunnelbauten beschäftigt, die Pflicht, nach Kräften zur gänzlichen Beseitigung, oder wenigstens zur Milderung eines Uebelstandes beizutragen, dessen tiefernste Seite niemals verleugnet werden darf. Wir müssen uns nämlich zu jeder Zeit vergegenwärtigen, daß im Tunnelbaue, mehr als in irgend einem andern Zweige des Eisenbahnbaues die Sicherheit der Arbeiter gefährdet ist, daß es sich bei der Besprechung von Brüchen also nicht um technisches Interesse allein handelt, sondern daß die Bekämpfung der Gefahren Hand in Hand geht mit der Obsorge für Menschenleben.

Gegenüber solcher großen Verantwortung müssen alle Bemäntelungen zurücktreten, müssen die stereotypen Ausreden auf sogenannte Elementarereignisse oder auf Unvorsichtigkeit der Leute näher präcisirt werden und muß der Ingenieur namentlich sich der Ursachen bewußt sein, welche Einstürze im Gefolge haben können.

In der nachstehenden Studie habe ich die Bruchursachen so weit es thunlich war, zusammengestellt, und glaube ich damit den jüngeren, im Fache noch weniger geübten Collegen einige Anhaltspunkte geben zu können, um mancher Gefahr rechtzeitig zu begegnen. Da diese Zusammenstellung rein technischer Natur ist, so habe ich eine wichtige Bruchursache administrativer Natur dort ausgelassen, um ihrer an dieser Stelle mit wenigen Worten zu gedenken.

Ich will nämlich vorzugsweise auf den Uebelstand aufmerksam machen, daß schwierige Tunnelbauten nicht selten an Unternehmer vergeben werden, welche entweder im Tunnelbaue keine hinreichende Uebung haben, oder welche die zur Bauausführung nöthigen geeigneten Hilfskräfte nicht beschaffen können, oder welche endlich nicht mit dem nöthigen Capital ausgerüstet sind, um sachgemäße, für die Sicherheit des Baues unverkennbar wichtige Einrichtungen rechtzeitig treffen zu können. Tritt durch die Unfähigkeit oder Ungeschicklichkeit derlei Unternehmer, durch den Mangel geeigneter Hilfskräfte, oder durch den Abgang nöthigen Capitales irgend ein Bruch ein, so ist ein solcher Unternehmer wohl fast immer in der Lage, einen juristisch unanfechtbaren Grund des Einsturzes vorschützen zu können, und macht er dabei stets ein sogenanntes gutes Geschäft, weil die Gewältigung des Bruches Mehrarbeiten, Mehrlieferungen und im vorhinein unschätzbare Leistungen hervorruft, die man sich im eingetretenen Nothfalle ganz tüchtig bezahlen lassen kann.

Die Uebergabe eines schwierigen, zu Brüchen besonders geneigten Tunnelbaues wird also, weil eine noch so streng stylisirte Contractsklausel eben nicht ausreicht — da sogenannte Elementarereignisse nämlich alle Verklausulirung juristisch ungiltig machen — jederzeit ein Akt des Vertrauens sein, bei dessen Gewährung der Verwaltung immer noch ein größerer Nutzen entsteht, als durch die Annahme eines mindestfordernden Gebotes. Man hat diesen Verhältnissen in der Praxis des Eisenbahnbaues auch thatsächlich dadurch Rechnung getragen, daß die Verwaltungen, und zwar vollständig gerechtfertigt, schwierige Tunnelbauten neuestens fast allgemein in sogenannter Regie ausführen lassen, ein System, das im Tunnelbaue unbedingt als das billigste und verläßlichste zu bezeichnen ist, wenn dem bauleitenden Beamten die nöthigen Vollmachten und Freiheiten gewährt sind.

Die nachfolgende Arbeit trennt sich in fünf Abschnitte: 1. Ursachen der Brüche, 2. Classification der Brüche, 3. Gewältigung der Brüche, 4. Kosten der Gewältigung und 5. Beleuchtung des Eisenausbaues hinsichtlich dessen

Sicherheit gegen Brüche. Eine ausführliche Behandlung des vorliegenden Gegenstandes wird in dem bei den Herren Ernst und Korn erscheinenden Werke über „Tunnelbau" aufgenommen werden.

I. Ursachen eines Bruches und Vorsichtsmaaßregeln gegenüber solchen Ursachen.

Wie es in der Natur der Sache liegt, giebt es unzählbare Veranlassungen zu einem Bruche, und ist man also nicht im Stande, dieselben alle anzuführen. Wir müssen uns daher im Folgenden nur auf die nächstliegenden Ursachen eines Bruches beschränken, und können die Bemerkung vorhergehen lassen, daß die kleinlichsten Ursachen im Tunnelbau meist die gefährlichsten sind, weil man sie am ehesten übersieht. Zur leichteren Uebersicht theilen wir die Bruchursachen in folgende Gruppen.

1. Gefahrdrohender innerer Bau des Gebirges.

Unter dem „inneren Baue des Gebirges" verstehen wir hier die Gestaltungen, durch welche sich die Aufeinanderlagerung, Durchdringung oder Trennung einzelner Theile der Erdkruste repräsentirt. Wir nennen einen solchen Gebirgsbau dann gefahrdrohend, sobald Verhältnisse vorliegen, welche ein plötzliches Niederbrechen einzelner Gebirgspartien, oder wenigstens eine energische Bauverengung zur Folge haben können.

a. Wellenförmige Schichtung.

Haben die Gebirgsschichten eine wellenförmige Lagerung, so kann es sehr leicht vorkommen, daß diejenigen Schichten, welche ihre Basis verloren haben, plötzlich herabbrechen. Aus Fig. 1, Taf. 15, ersieht man, daß deshalb die Schichten a, b, c ꝛc. ganz plötzlich zu Bruche kommen können, und daß dies um so eher der Fall sein kann, wenn Klüfte m n, m n ꝛc. vorhanden sind, wenn erheblicher Wasserandrang die Bindemittel der einzelnen Schichten untereinander aufgelöst hat, oder wenn zwischen festere Gesteinsschichten auch weichere (Letten oder Schiefer-Schichten), leichter abbrechbare (d) eingelagert sind.

Befindet man sich demnach in einem Tunnelbaue, wo (wie es oft im Muschelkalke und in der Grauwacke vorkommt) die Gesteinsschichten wellenförmig gelagert sind, so wird man diese Lagerung sehr eifrig beobachten müssen, und sobald man sich unter einer Schichtenaufbiegung befindet, eine genügend starke, und gegen plötzlichen Stoß sichere Unterstützung einzubauen haben.

b. Horizontale Schichtung.

Horizontale, oder nahezu horizontale Schichtung kann in einem Tunnelbaue wegen der Breite des Querprofiles unter Umständen ebenfalls gefährlich werden. Es kann (Fig. 2) die Breite a b der Firstschicht leicht so groß werden, daß letztere oft plötzlich durchbricht, besonders wenn weichere Gesteinsschichten zwischengelagert sind, wenn Wasser auf die Bindemittel der Schichten untereinander einwirkt, oder wenn die Firstschicht auch nach der Längenrichtung des Tunnels hin in großer Ausdehnung frei gelegt ist.

Gegen ein gefährliches Vorkommen solcher Schichtung ist es, selbst wenn das Gestein sonst fest ist, doch immer nöthig, so kräftige Unterstützung einzubauen, daß ein plötzlicher Herabbruch der Firstschichten diese Unterstützung nicht umwirft oder zermalmt.

c. Drohende Klüftigkeit des Gesteines.

Diese Ursache ist diejenige, welche in erster Reihe Brüche sehr häufig veranlaßt, denn oftmals kann man von der Nähe einer gefährlichen Kluft (Spalte im Gebirge) keine Ahnung haben. Fährt man daher eine Kluft an, so muß man ihr die größte Aufmerksamkeit widmen, und in einem Gesteinsvorkommen, welches öfter von Klüften durchsetzt ist, sehr aufmerksam sein. Wäre o, o, o, n (Fig. 3) eine die Gesteinsbänke durchsetzende Kluft (Spalte), so ist es erklärlich, daß die Partien x, o, n sehr leicht zu Bruche gehen können, besonders wenn die Kluft Wasser führt, wenn einzelne Schichten o x aus weicherem Gesteine bestehen, oder wenn durch sonstige Einflüsse die Verbindung der einzelnen Schichten untereinander wesentlich gelockert ist.

Die Nähe von Klüften markirt sich häufig durch stärkeren Wasserandrang, und in gewisser Distanz durch den dumpfen Ton, welcher beim Schlagen mit dem Fäustel auf die Gesteinsschichten entsteht. In klüftereichem Gebirge hat man daher stets bedeutende Vorsicht nöthig und die Bölzung darnach einzurichten.

d. Auftreten von Höhlen im Gebirge.

Mitunter kommt man in die Lage, einen Tunnel durch ein Gestein treiben zu müssen, in welchem größere Höhlungen (z. B. Tropfsteingrotten) auftreten. Diese Höhlenräume können selbstredend sehr leicht zu Brüchen Veranlassung geben, um so mehr, da sich ihr Vorhandensein nur fast in unmittelbarer Nähe durch dumpfen Ton des geschlagenen Gesteins erkennen läßt, und die Lage der Höhle zum Tunnelbaue in der mannigfachsten und gefährlichsten Weise aufzutreten vermag. Aus Fig. 4 geht die Lage einer solchen Höhle hervor, wie sie beim Baue des Tunnels Nr. I. der Karstbahn angetroffen wurde. Die Ausfüllung derartiger Höhlen mit trockenem oder nassem Mauerwerk ist selbstverständlich geboten, sobald der Tunnelraum nahebei liegt. Da solche Höhlen bekanntlich vorzugsweise unterirdische Wasserwege bilden, so muß man in einem Gebirge, welches die Tendenz des Auftretens solcher Wege besitzt, sehr achtsam

sein und selbst oft kleinlich scheinende Wasserwege einer näheren Untersuchung unterziehen, um so mehr, weil es bekannt ist, daß dieselben oft an einzelnen Stellen sehr eng sind und sich erst plötzlich bedeutend erweitern.

e. Unvortheilhafte Lagerung fremder Gesteine.

Befindet man sich in einem Gebirge, welches aus verschiedenen Gesteinen aufgebaut ist, so können beim Wechsel des Gesteines Lagerungsformen vorkommen, welche zu Brüchen Neigung haben. Sei z. B. in Fig. 5, Taf. 15, M Muschelkalk und K weicher, darauf gelagerter Keuper, so ist es sehr erklärlich, daß der größere Druck des Keupers die Tendenz hat, die letzte Partie des Muschelkalkes abzubrechen.

Oft haben fremde Gesteine das normale Gestein in einer Weise durchsetzt, welche zum plötzlichen Herabstürzen Veranlassung bietet. Sei in Figur 6, P z. B. Porphyr, welcher die normalen Gesteinsschichten N, N durchdrungen hat, so ist es sehr leicht möglich, daß die fremde Gesteinspartie P sich plötzlich loszulösen vermag, besonders wenn ihre Durchklüftung dies erleichtert.

Es ist also erkennbar, daß man an jenen Stellen, wo ein Wechsel des Gebirges eintritt, zumal da derselbe meist von Wasserandrange begleitet ist, die größte Achtsamkeit aufzuwenden hat.

f. Vorkommen von schwimmendem Gebirge.

Wenn es auch nicht bezweifelt werden kann, daß schwimmendes Gebirge überhaupt gefährlich und nur sehr schwierig zu bewältigen ist, so können doch, hierher gehörig, nur zwei Momente hervorgehoben werden, nach denen dieses Gebirge direct zu „Brüchen" Veranlassung bietet.

α) Das schwimmende Gebirge kann an irgend einer Stelle (z. B. aus Ursache einer undichten Fuge, eines Astloches im Pfahle, oder aus Ursache des Wegdrängens einer Fugenverstopfung) erst fast unbemerkbar langsam, dann aber plötzlich schnell durchbrechen und hierbei eine solche Gewalt erlangen, daß es Theile der Zimmerung umwirft oder zerbricht und so den vollständigen Bruch herbeiführt.

β) Schwimmendes Gebirge kann langsam, aber stetig durch vorhandene undichte Fugen &c. ausrinnen, ohne daß anderes entfernter liegendes Gebirge dieser Bewegung sofort nachfolgt. Es entsteht somit ein mehr oder minder hohler Raum hinter der Zimmerung, diese verliert dadurch ihre Spannung, es erzeugt sich ein einseitiger Druck — und die ganze betreffende Bölzung kann plötzlich krachend zusammenstürzen. —

Es ist dem praktischen Bergmann zur Genüge bekannt, daß diese beiden Punkte beim Arbeiten im „Schwimmenden" nie aus dem Auge verloren werden dürfen, und daß, wenn man sich so ausdrücken darf, diese zwei Angriffsarten des schwimmenden Gebirges dessen Lieblingsfinten sind. Man muß sich also durch Dichthaltung der Fugen und sonstiger Durchgangsstellen vor den beschriebenen Folgen hüten, die Zimmerung sofort bedeutend verstärken, wenn zufällig nennenswerthe Massen zum Ausrinnen gelangt sind, und entstandene hohle Räume wo thunlich wieder ausfüllen. Nach der Größe und Oertlichkeit eines solchen hohlen Raumes verwendet man zu dessen (wo thunlicher) Ausfüllung Steine, Gebirgshaufwerk oder, wie es meist am vortheilhaftesten ist, Holz.

2. Bedeutende Einwirkung des Wassers.

a. Trifft man bei einem Tunnelbaue auf bedeutende Wassermassen, so ist deren mechanische Einwirkung auf weichere, leicht zerstörbare Gebirgsarten oft gefährlich. Die permanente Bewegung des Wassers spült oft die Bindeglieder zwischen festeren Gesteinsschichten weg und bringt nicht selten damit die letzteren zum Bruche, wenn sonstige Lagerungsverhältnisse und die Unterfahrung der Schichten dies gestatten.

b. Baut man einen Tunnel durch milde oder rollige (also leicht fortschwemmbare, leicht mechanisch zerstörbare) Gebirgsarten, wie z. B. Sand, feinerer Kies, Letten, Thon, weicher Mergel &c., so kommt sehr häufig der Fall vor, daß in diesen Gebirgsarten sogenannte wasserführende Schichten auftreten. Fährt man nun mit dem Baue eine solche Schicht an, so strömt selbstverständlich das Wasser aus und schwemmt dasselbe Gebirgstheile in den Bau herein. Es kann, wenn solches Wasser überhaupt nicht klar, sondern trübe läuft, und ganz besonders in demjenigen Falle, wo die Wasserader im Sande oder in feinerem Kiese eingeschlossen ist, sehr leicht die darüber liegende Gebirgsmasse gelockert werden, und es kann demnach das fließende Wasser durch fortgesetzte Spülung gewaltsame Bewegungen des Gebirges und damit Durchbrüche, oder aber hinter der Zimmerung hohle Räume, also in letzterem Falle einseitigen Druck auf den Ausbau erzeugen und den letzteren plötzlich zum „Umsturze" oder zum „Bruche" bringen.

Man muß also in solchen bedrohlichen Fällen durch entsprechende rechtzeitige Verstärkung der „Bölzung" sich dergestalt sichern, daß selbst forçirter und plötzlicher einseitiger Druck einen Umsturz der Zimmerung nicht auszuüben vermag, und muß man allfalls hinter der Zimmerung entstandene hohle Räume, deren Vorhandensein man vermittelst Anklopfen an die Verpfählung und den dadurch entstehenden Ton gewahr wird, rechtzeitig wieder ausfüllen.

3. Bruchursachen, welche bei dem Beginne des Tunnelbaues zur Geltung kommen können.

a. Teuft man einen Schacht ab und treibt man von demselben aus den Bau weiter, so können bei ungünstiger Lagerung der Schichten, wie beispielsweise die Figuren 7 und 8 darthun, Fälle vorkommen, daß größere Gebirgsmassen (n x m in Fig. 7, resp. o p q r in Fig. 8) plötzlich zu mächtiger Druckäußerung gelangen. Man muß sich deshalb entweder durch genügend starke Bölzung, oder durch eine andere Inangriffnahme des Baues schützen.

b. Der Beginn des Tunnelbaues am Mundloche hat mitunter nicht zu unterschätzende Gefahr, da die Gesteinsschichtung, die Gesteinsklüftung oder sonstige Umstände oft das „Unterkriechen" oder erste „Unterfahren"*) des Berges sehr zu erschweren vermag. Figuren werden hier deutlicher als Worte sprechen.

Ist a b in Fig. 9 das definitive Tunnelmundloch, so kann der Fall vorkommen, daß eine früher im Einschnitte vorhanden gewesene Gesteinskluft a g c nach der Abgrabung des Voreinschnittes sich nunmehr als End- oder Kopfböschung repräsentirt. Ist diese Böschung steil und befinden sich hinter ihr (nach dem Berge zu) noch andere Klüftungen e f d, f g ꝛc., so kann man sich leicht erklären, daß der Beginn des Baues sofort ein arger Prüfstein wird, denn es müssen sich die Felsblöcke a e f g, f g c d ꝛc. ꝛc. sofort senken; ja wenn sie groß sind, so können sie beim Senken ihr Uebergewicht nehmen, umkippen, und das Mundloch verstürzen.

Um solcher Gefahr thunlichst aus dem Wege zu gehen, ist es oft beliebt, nach bereits vollendeter definitiver Kopfböschung nicht sofort das volle Tunnelprofil, sondern einen Stolln auf der Sohle zu treiben. Man fängt die Profilerweiterung (siehe Fig. 9) erst im Innern des Berges an, läßt das Stück Gebirge am Mundloche stehen und nimmt dasselbe erst zuletzt und zwar von Innen nach Außen zu in Angriff. Es würde zu weit führen, dies Verfahren von allen Seiten zu beleuchten; bleiben wir aber bei unserer Betrachtung über die Bruchgefahr stehen, so kann eine solche Unentschlossenheit, sofort mit dem vollen Profile vorzugehen, nicht gebilligt werden — denn es ist klar, daß durch das Anfangen des Tunnels im Innern des Gebirges die nach Außen anscheinende Gefahr nicht vermindert wird, sondern daß sich dieselbe durch die Länge der Zeit, durch die Lockerung, welche wegen des vorgetriebenen Stollns entsteht und durch die Einflüsse der Niederschläge ꝛc. nur vergrößern muß, und daß ihre Bearbeitung schlüßlich doch nicht vermieden werden kann.

*) Bergmännische Ausdrücke für den Beginn des Baues vom Tage aus.

Zur Lösung der vorliegenden Aufgabe eines entsprechenden Bauangriffes giebt es vielmehr drei andere, sichere Wege, die je nach örtlichen Umständen eine specielle Wahl zulassen.

α) Man gräbt den Voreinschnitt (Fig. 9) nicht bis zur endgiltigen Sohle b h, sondern nur bis auf etwa die Firsthöhe des Tunnels aus, teuft sodann schachtartig für die Widerlager nieder und stellt so das erste Stück Tunnel (Façade) unter freiem Himmel („zu Tage") her. Die Uebermauerung dieses ersten Tunnelstückes und darauf gestellte Trockenmauerung (Stützmauer) stützt dann zugleich die Felsblöcke der Kopfböschung gegen das Ueberkippen und man hat es beim Eindringen in den Berg, beim „Unterfahren" oder „Unterkriechen" blos mit senkrechtem Drucke zu thun, welcher leicht zu bewältigen ist.

β) Ist aber die richtige Einschnittssohle b h ausgehoben und droht die Kopfböschung mit der Gefahr eines Bruches, so muß vor der Mundlochwand, in welche die Oeffnung gemacht werden soll, eine Anzahl von Gespärren der Tunnelzimmerung, ein „Vorbau" aufgestellt werden. Dieser Vorbau wird mit Trockenmauerwerk belastet; es wahrt letzterer die Felsblöcke vor dem Ueberkippen und bringt die Zimmerung des Vorbaues in die nöthige Spannung. Man stellt sich demgemäß das erste Stück des Tunnelausbaues im Freien her. Stürzen beim eigentlichen Unterkriechen Theile der Kopfböschung wirklich ab, so wahrt der Vorbau vor einem völligen Bruche. Auch ist es selbstverständlich, daß man den Vorbau durch Schubstreben (von dem Einschnitte aus) vor dem allfälligen Umkippen schützt.

γ) Man gräbt den Einschnitt bei drohender Kluft a b, m n in Fig. 10 vorläufig nur bis etwa zur Linie g f e d aus, läßt also einen „Sicherheitssatz" stehen, treibt durch die Einschnittsmassen einen Stolln c d, stellt das Mundlochsmauerwerk unterirdisch her und gräbt erst, nachdem dies geschehen ist, den Einschnitt bis zur Kluftlinie a b c aus. Diese Angriffsweise ist in der Regel (aber nicht immer) die empfehlenswertheste. —

Immer erhellt, daß man vor dem Angriffe des Tunnels, resp. vor der Vollendung des Voreinschnittes das Gestein der künftigen Kopfböschung genau untersuchen muß, und wird es oft gerechtfertigt sein, den Tunnel länger zu machen, als vorher projectirt war.

c. Fallen die Gesteinsschichten der Kopfböschung dem Tunnel zu, wie a b, e d ꝛc. in Fig. 11, so ist es klar, daß beim „Unterkriechen" große Schwierigkeiten entstehen müssen, wenn man die nöthige Vorsicht außer Acht läßt. Die Partien e d f, resp. a b f, müssen sich ablösen und es können leicht immer noch größere Theile nachbrechen. Man wendet in solchem Falle wieder eine der drei vorhin genannten Angriffsweisen an und muß es ebenfalls vermeiden,

sobald der ganze Einschnitt nach der definitiven Linie **xfyk** ausgegraben sein sollte, mit einem kleinen Stolln in den Berg zu bringen und das Tunnelanfangsstück von Innen nach Außen, resp. zuletzt auszubauen.

d. Oft kommt der Fall vor, daß die Gesteinsschichten durch Bildung der Kopfböschung des Voreinschnittes abgeschnitten werden, daß also beim „Unterkriechen" diese Schichten **xm**, **xm** 2c. (in Fig. 12) zu rutschen beginnen. Der Baubeginn („Einbruch") ist alsdann ebenfalls sehr gefährlich, denn es können bedeutende Massen mit einem Male in's Rutschen kommen, besonders wenn der unterdeß vorgedrungene Tunnelbau die Schichten durch Niedersenken des Terrains gebrochen, also gelockert haben sollte. Man muß auch hier, je nach den örtlichen Bedürfnissen, eines der vorerwähnten drei Mittel des Angriffes wählen, für rasche Herstellung des Façadenmauerwerkes sorgen und von da ab sich anlehnend, durch Futtermauern oder Pflaster die unterschnittenen Schichten wieder stützen.

4. Fehlerhafte Construction der Zimmerung.

a. Mangelhaftes Bölzungssystem.

Bei dem heutigen Standpunkte der Tunnelbaukunst kann man nicht sagen, daß eines der jetzt üblichen Zimmerungssysteme so fehlerhaft sei, daß bei dessen Gebrauche unter bestimmten Verhältnissen ein Bruch erfolgen müsse, — denn geräth man mit irgend einem Systeme in arge Druckverhältnisse, so läßt sich schlüßlich immer eine solche Masse Holz einbauen, resp. einpferchen, daß damit die Fehler einer Construction, gegenüber bestimmten Druckerscheinungen, wieder ausgeglichen werden. Ob jedoch das gewählte System gegenüber solchen Druckerscheinungen das theoretisch richtige war, oder ob eine solche Holzverspundung noch auf das Wort „System" Anspruch hat, dies ist wieder eine andere Frage, deren Erörterung hierher nicht gehört. Wohl aber muß hier behauptet werden, daß es für gewisse Druckerscheinungen und Gebirgsarten mangelhafte Systeme giebt, und daß in solcher Mangelhaftigkeit mitunter die anfängliche, die mittelbare Ursache eines Bruches liegt. So z. B. wird die belgische Baumethode in rein schwimmendem Gebirge angewandt (wenn sie auch öfter durchgeführt wurde), doch die Motive zu einem möglichen Bruche in hervorragender Weise besitzen; und ebenso wird, um eines anderen Beispieles zu gedenken, in plastischem, lettigem, zähem Thone angewandt, die Kernbaumethode die anfängliche Ursache enormer Schwierigkeiten, gänzlicher Bewegung eines Berges, und einmal so weit gekommen, auch leicht eines Einsturzes sein können, wenn hierzu noch eine andere, sonst untergeordnete Veranlassung gegeben wird.

b. Mangel eines entsprechenden Längenverbandes.

Umfaßt der Aushieb des Gebirges bereits ein solches Stück der Tunnellänge, daß Verschiebungen der Zimmerung überhaupt eintreten können, d. h. eine Länge, welche von der Gebirgsbeschaffenheit abhängt, und die oft schon mit wenigen Fußen meßbar ist, so muß die Zimmerung unbedingt einen Längenverband besitzen, da ohne einen solchen ein Zusammenhang der Bölzungshölzer im Sinne der Richtung der Tunnellänge nicht vorhanden ist.

α) So ist eine Bölzung, welche, nachgebildet der englischen Methode, Kronbalken oder „Streichbäume"*) benutzt, argen Verschiebungen und sehr leicht Zusammenstürzen ausgesetzt, wenn, wie die Skizze, Fig. 13, (Daraufsicht) zeigt, die einzelnen Kronbalken oder Streichbäume der verschiedenen Auffahrungslängen **oq** und **qs** 2c. stumpf an einander stoßen. Man läßt daher die Streichbäume dieser einzelnen Ausbaulängen zahnartig ineinander greifen und erhält dadurch wenigstens einigermaaßen einen Längenverband, dessen Unzulänglichkeit in bedrohlichen Fällen jedoch Niemand bezweifeln kann.

β) Ebenso ist es ein hervorragender Fehler, wenn man beim Ausbau des vollen Tunnelprofiles Gespärre gebraucht, die ohne Längenverband dastehen. Bölzt man die Schwellen nur zwischen einander ab, so ist dies kein Längenverband in jenem Sinne, welchen wir vor Augen haben; denn diese stückweise Bölzung wahrt nicht vor Verschiebung. Es müssen vielmehr Schwellenunterzüge **nn** (in Fig. 14) eingebaut werden und muß das Untergestell der Firstzimmerung nöthigenfalls durch „Laufruthen" **mm** in Fig. 14 2c. mehr Zusammenhang erhalten. Ebenso ist es ein arger Fehler, wenn man bei der österreichischen Construction solche Schwellenunterzüge ausläßt (s. Fig. 28, A, Taf. 17—18; Fig. 4 und Fig. 23 **a**, Taf. 16). Die durch die Schwelle getheilten Gespärrehälften müssen ohne solche Unterzüge, wie Fig. 15 zeigt, unbedingt knicken und die sonst so vortreffliche österreichische Bauart kann ohne die Starrheit des Zimmergerüstes der unteren Profilhälfte zu den fürchterlichsten Verschiebungen und nur zu leicht zu erheblichen Einstürzen Anlaß bieten, denn bei argem, wuchtigem Drucke reichen oft die zahlreichsten Schubstreben **s**, **s**, **s** (in Fig. 15) nicht mehr aus. — Man muß daher für die

*) Dieser Name kann deshalb gebraucht werden, weil die Kronbalken oder Langbäume nach der Richtung des Tunnels streichen. Man kann daher auch für diese Bölzungsmethode das Wort „Streichenbau" gebrauchen, welch' treffende Bezeichnung schon beim Schwarzkopf-Tunnel im Spessart angewendet wurde.

Steifheit der Bockgespärre*) nicht allein durch Schwellenunterzüge (cc in Fig. 34, Taf. 17—18; $s_1 s_1$ in Fig. 35 und 36; xx in Fig. 29), sondern auch noch durch die Anlage von „Laufruthen" (yy in Fig. 29; aa, bb in Fig. 34; llll in Fig. 35 und 36) Sorge tragen, sobald Verhältnisse vorliegen, welche Verschiebungen befürchten lassen.

c. Hilfsconstructionen müssen im Sinne des zu erwartenden Druckes eingebaut werden.

Im Verlaufe eines Tunnelbaues müssen theils als verlorene Zimmerung (welche der definitiven als Vorbau vorhergeht), theils als Verstärkung der bestehenden Zimmerung oft nicht nur einzelne Hölzer, sondern aus mehreren Hölzern bestehende Hilfsconstructionen eingebaut werden. Die Angabe solcher wichtigen Unterstützungen darf dem Arbeiter nicht überlassen bleiben, welcher wohl vom praktischen Gefühle geleitet nicht selten das Richtige trifft, von dem aber, aus Mangel der Erkenntniß der Ursachen einer Bewegung oder eines Druckes, die richtigen Veranstaltungen nicht immer erwartet werden dürfen. Beim Einbaue solcher Hilfshölzer oder Hilfsconstructionen muß man sich immer deren Zweck vor Augen halten und beachten:

1. daß Hilfsconstructionen Verspannung in sich selbst haben müssen;
2. daß Hilfshölzer im Sinne der Richtung des zu erwartenden Druckes gestellt werden; daß sie
3. die Verspannung der bestehenden Zimmerung vermehren, oder
4. gebrochene Hölzer der bestehenden Zimmerung zu ersetzen haben; endlich
5. daß ihr Einbau in späteren Bauperioden möglichst wenig hinderlich sein darf.

d. Ungeeignete Holzdimensionen.

Unter die Fehler der Construction einer Zimmerung kann man auch die Verwendung ungeeigneter Holzstärken rechnen. Die Stärke eines Bölzungsholzes ist bekanntlich nach der Größe des, dem einzelnen Holze zugewiesenen Druckes zu bemessen. Diese Druckgröße ergiebt sich aus der Beurtheilung der Mächtigkeit der drückenden Masse und aus den Distanzen der Unterstützungspunkte. Man findet nun bei Tunnelbauten nicht selten den Fehler vor, daß man gegenüber einer gegebenen Druckgröße entweder die hauptsächlichsten Bölzungsgehölze in zu schwacher, oder in zu starker Dimension angewendet sieht. Letzteres vertheuert die Zimmerung, ersteres bringt Gefahr. Die Tarirung der drückenden Masse bildet also hier den Kernpunkt der Praxis und muß man bei dieser Tarirung im Auge behalten, ob man es mit normalem Drucke allein zu thun hat, oder ob der vorliegende Bau des Gebirges innormalen, plötzlichen Druck erwarten läßt. In letzterem Falle nimmt man ein Maximum der ablösbaren Masse an und unterzieht die Stärkendimension einer Prüfung. Geübte Praktiker beurtheilen die nöthigen Holzstärken bekanntlich nach ihren gemachten Erfahrungen; wo solche Praxis aber nicht vorliegt, wird die Stärkenbestimmung, wie mancher Bruch beweist, durch Rechnung nicht überflüssig sein, und hat man bei solcher Rechnung, die ja immer nur annähernd sein kann, durchaus nicht nöthig, dieselbe über das complicirte ganze Constructionssystem des Bölzungsgespärres auszudehnen, sondern nur die hauptsächlichsten Hölzer der Betrachtung zu unterziehen.

*) Bei der österreichischen Zimmerung unterscheidet man die „Umfangszimmerung" und die „Mittelzimmerung." Erstere läuft wie ein Rahmen um den Umfang des Bauquerprofiles, letztere stützt diesen Rahmen und nennt man diese Mittel- oder Innen-Zimmerung auch den „Bock" oder das „Bockgespärre." Soll die Zimmerung gut sein, so muß auch dieser Bock gegen Verschiebungen gewahrt, d. h. starr sein, also Längenverband haben.

e. Zu große Entfernung der Unterstützungspunkte.

Oft ist, theils durch das Wachsthum des vorhandenen Holzes, theils durch die Beschränktheit der Räumlichkeit die Dimension der Bölzungsgehölze eine gegebene Größe, und hat man alsdann den Druck vermöge der Distanz der Hölzer (resp. der Unterstützungspunkte) untereinander zu bewältigen.

Es ist daher ebenfalls wieder darauf zu achten, daß man das Zimmerungsgehölze weder zu dicht, noch zu weit auseinander einbaut, und ist die richtige Distanzbemessung keineswegs so einfach, wie man im ersten Momente zu glauben geneigt sein möchte, da eine zu enge Distanz den Holzverbrauch und den Arbeitspreis der Zimmerung erheblich steigert, auch den sonst so engen Raum im Tunnel noch mehr beschränkt — andererseits aber eine zu weite Stellung der Bölzungsgehölze Gefahr für Brüche birgt. Es ist klar, daß man die Zahl der Unterstützungspunkte ebenfalls wieder dem Einflusse innormalen Druckes zu unterwerfen hat, und daß man, je nach dem Gebirgsbaue, die Wahrscheinlichkeit und Größe solchen Druckes tariren muß. Hierbei ist auch noch die Bemerkung zu machen, daß man bei Anwendung harter Hölzer vorsichtiger, als beim Gebrauche weicher oder Nadelhölzer sein muß; denn erstere sind spröde und brechen bei Ueberbürdung nicht selten ganz plötzlich, während Nadelhölzer den Ueberdruck markiren und sich vor dem Brechen ausbauchen, also selbst anzeigen, wo und in welcher Größe Hilfsunterstützung nöthig ist. —

Anläßlich vorgekommener Brüche scheint es nicht überflüssig zu sein, besonders drei Fälle hervorzuheben, bei denen man in Betreff der Entfernung der Unterstützungspunkte sehr vorsichtig sein muß.

α) Bei breitem Stollnquerschnitte wird die Kappe **ab** (Fig. 16, Taf. 16) leicht so lang, daß größere Gebirgsablösungen sie mit einem Male durchbrechen können, wenn man es, um Raumversperrung zu umgehen, unterlassen hat, eine fernere Unterstützung in der Mitte durch Stempel und Unterzüge in der Richtung von **cd** einzubauen.

β) Die Kronbalken oder Streichbäume **kk** (im Querschnitte), **mn** (im Längenschnitte), Fig. 17, dürfen in Anbetracht ihrer gewählten Stärke keine größere Länge erhalten, als solche dem zu erwartenden, selbst in normalen Drucke entspricht.

γ) Unterzüge **ab**, welche, wie der Längenschnitt Fig. 18 zeigt, Gespärre zu tragen bestimmt sind, müssen dem zu erwartenden Drucke (sei er auch abnorm) entsprechend, auch Unterstützung in der Mitte 2c. erhalten. Dieser Fall ist besonders dort im Auge zu behalten, wo man, um Raum zu gewinnen, Querschläge durch den „Kern" beim Systeme mit Mittelkörper macht, wo man, um bessere Quercommunication zu erzielen, die unteren Hälften der Gespärre theilweise fehlen läßt, oder wo man die unteren Hälften der Bockgespärre durch Vermittelung von Schwellenunterzügen **ab** in rascherer Weise einzubauen gedenkt.

5. Mangelhafte Ausführung der Bölzung (Zimmerung) durch die Arbeiter.

Die Art und Weise, wie eine einmal gewählte Zimmerung durch die Bergleute ausgeführt wird, kann leider nur zu häufig zu einem Bruche führen. Die hierbei möglichen Fehler sind so zahlreich und liegen so außer dem Kreise der Vorherbestimmung, daß wir nur summarische Titel zu gebrauchen, und nur einige der hervorragendsten Momente in Kürze zu berühren vermögen.

a. Mangelhafter Einbau der Bölzungsgehölze.

Baut man einzelne Zimmerungsgehölze zu spät ein, oder werden sie entgegen den Fundamentalregeln bergmännischer Zimmerungslehre hingestellt, resp. eingefügt, vernachlässigt also der Zimmerhäuer seine Arbeit, oder führt er sie aus Mangel genügender Kenntniß schlecht aus, so kann oft ein kleiner Fehler Anlaß zu einem Bruche sein. In der That haben auch sehr viele Brüche ihren Grund in der Nachlässigkeit oder Ungeschicklichkeit der Zimmerhäuer gehabt, welche auch oft, nichts Arges denkend, um sich Zeit und Mühe zu sparen, ihre Hantirungen unterschätzen. Beispiele solcher Vernachlässigung lassen sich, wie schon bemerkt, wegen der vielen Möglichkeiten kaum vorführen und kann hier nur im Allgemeinen gesagt werden, daß der leitende Beamte nicht nur selbst die größte Aufmerksamkeit an den Tag legen muß, sondern daß er für Anstellung befähigter Zimmerhäuer und Aufsichtorgane zu sorgen hat. Insonderheit muß der leitende Beamte die Behandlung der provisorischen oder sogenannten verlorenen Zimmerung beachten, sorgen, daß die einzelnen Gehölze dem Drucke entsprechend in geeigneter Lage aufgestellt werden, und daß alle Zimmerungstheile stramm und fest sitzen, d. h. in inniger Verspannung stehen. Ein Schlag mit einem größeren Fäustel auf irgend ein Zimmerungsholz verräth sofort durch den hellen Ton, daß alle Hölzer sich gegenseitig verspannen. Ist der Ton dumpf und hohl, so ist irgendwo in der Nähe in der Zimmerung eine Verbindung lose, und Abhilfe sofort geboten.

b. Das Versetzen der Zimmerung.

Wird ein Tunnel durch festeres Gebirge getrieben, so läßt sich der Raum, den die später aufzustellende Zimmerung einnimmt, selbstredend nicht ganz genau passend ausarbeiten. Es müssen also, damit die Zimmerung überall in Spannung treten kann, die hinter der Pfählung befindlichen kleinen oder größeren hohlen Räume verfüllt, oder wie der Bergmann sagt: „versetzt" werden. Ein Schlag mit dem Fäustel an die Pfählung verräth sofort durch den entstehenden Ton, ob der Raum hinter der Verpfählung oder der „Verladung" noch hohl, oder ob er ausgefüllt, d. h. versetzt ist. Unversetzte Räume sind, abstrahirt davon, daß sie die Verspannung der einzelnen Zimmerungstheile illusorisch machen, auch noch deshalb schädlich, weil sie allfalls nachstürzendem Gebirge eine Fallhöhe darbieten, also ein bedeutendes Kraftmoment erzeugen, welches die vorhandene Zimmerung plötzlich umstürzen, durchschlagen oder durchbrechen kann.

c. Vernachlässigte Instandhaltung der Zimmerung.

Die vernachlässigte Instandhaltung einer vorhandenen Zimmerung kann bei einem größer werdenden oder gar plötzlich auftretenden, erheblichen Drucke zu Brüchen sehr leicht Veranlassung geben. Man muß also die auf irgend eine Art, z. B. durch das Schießen, durch Verschiebung 2c. lose gewordenen Hölzer wieder befestigen, Keile nachtreiben, verschobene Bölzungshölzer wieder in die richtige Lage bringen, schlecht gewordene Theile durch neue ersetzen (auswechseln), und zerbrochene, aber festgeklemmte Hölzer durch andere unterstützen, durchbrechende Pfähle auf andere Weise abbölzen, — überhaupt alle jene Arbeiten sorgsam und rechtzeitig ausführen, welche eine ungenügend gewordene Zimmerung beansprucht.

6. Unvorsichtiges Herausnehmen (Auswechseln) der Zimmerung während der Mauerung.

Bei den bekannten Holzbausystemen muß das Bölzungsgehölze nach Maßgabe der Aufmauerung entfernt oder „ausgewechselt" werden, weil es Aufgabe ist, die

betreffenden Partien der Tunnel-Umfangswandung, um Platz für die Mauerung zu erhalten, auf die Lehrbogen abzusteifen. Fährt man nun durch sehr druckreiches Gebirge, so ist viel Holzmasse vorhanden und es ist das Auswechseln eine sehr mühsame und zeitraubende Arbeit. Insonderheit haben die Maurer, theils um mehr Platz für ihre Hantirungen erhalten zu können, theils um durch die Auswechselarbeit nicht so oft gestört zu werden, immer den Wunsch, daß beim jeweiligen Auswechseln recht viel Bölzungstheile entfernt und möglichst wenig neue solche Theile von den Lehrbogen („Bockgestellen") aus, eingebaut werden. Lassen sich nun die Zimmerhäuer auf diese Wünsche, entweder weil deren Erfüllung auch ihnen sonstige Erleichterung gewährt oder aus sonst einem Grunde ein, oder nehmen sie größere Bölzungspartien weg, weil sie das Durchhauen von Hölzern, vielleicht wegen der Mühe, oder um das Holz zu schonen, sparen wollen: so kann in druckreichem Gebirge die Gefahr eines Bruches ganz ungemein befördert werden. Bedenkt man, daß das Auswechseln die Verspannung der ursprünglichen Zimmerung vernichtet, daß die oberen, noch stehen bleibenden Bölzungstheile in ihrem Fußpunkte durch die Auswechselung wesentlich gelockert werden, daß durch Zufälle die ausgewechselte Partie oftmals längere Zeit steht, ehe die Maurer die Weiterwölbung vornehmen; bedenkt man endlich, daß druckreiches Gebirge zu der Zeit, wo die Mauerung eingefügt wird, an der betreffenden Stelle schon bereits arge Lockerung, also große Kraft besitzt: so ist es erklärlich, daß es oft nur eines Ungefährs, eines mangelhaft gestellten Bolzens, oder sonst einer Ungeschicklichkeit oder Unachtsamkeit bedarf, um den Bau sofort zu Bruche zu bringen. In der That weist die Statistik der Brüche nach, daß die größte Anzahl der letzteren entstanden ist in Folge der Auswechselungsarbeiten.

Es folgt hieraus, daß man gerade auf diese Arbeiten ein besonderes Augenmerk zu richten und bei bedrohlichen Fällen die gemessensten Aufträge zu ertheilen hat. Namentlich muß hervorgehoben werden, daß man sich sorgfältig überzeugen muß, ob eine gänzliche Herausnahme der Umfangspfähle oder sonstiger Umfangshölzer thunlich, oder ob deren Einmauerung geboten ist; und namentlich ist noch hervorzuheben, daß man beim Gebrauche der österreichischen Construction sorgfältig untersuchen muß, ob die „Sparrenzimmer" stückweise auszuhauen sind, oder ob deren einzelnen Theile im Ganzen weggenommen werden können. Besonders ist die Wegnahme der ganzen Sparrenfüße (cc in Fig. 29; f in Fig. 23 a) gefährlich bei hervorragenden Druckerscheinungen, weil die dadurch entstandene ausgewechselte Höhe zu bedeutend ist und die Wegnahme dieses wichtigen Holzes die ganze Firstzimmerung lockern, ja zum Sturze bringen muß, wenn statt der Sparrenfüße in solchen Druckfällen nicht ein entsprechendes Aequivalent eingebaut wurde.

7. Unzweckmäßiger Aushieb des Gebirges.

Es ist für die Sicherheit eines Tunnelbaues durchaus nicht gleichgiltig, in welcher Art und Weise man das Gebirge aushöhlt, dieses „abbaut", oder den „Bau auffährt" oder „aushaut."

Abstrahirt von den Regeln, welchen die Art des Abbaues hinsichtlich der billigsten Gewinnung der Massen untersteht, muß in Betreff der Sicherheit der Abbau eines Tunnelraumes in solcher Weise vorgenommen werden: daß man durch die Form und Ausdehnung der jeweiligen Auffahrung den Gebirgsdruck in seinen Minimalgrenzen hält.

Je nach seiner Standfestigkeit wohnt jeder Gebirgsart die Kraft inne, einen gewissen Druck auszuüben, und müssen weniger feste Massen mehr drücken, als festere. Es ist nun aber klar, daß eine unzweckmäßige Unterminirung selbst festere Gebirgsarten zu größerem Drucke veranlassen kann, als regelrechte Unterminirung in weniger festen Gebirgsarten Druck herbeiführt.

Man hat also durch die Form und Ausdehnung der Aushöhlung (immer unter Rücksicht auf eine Holzunterstützung, welche ja stets nachgiebig ist) ein Mittel in den Händen, den Gebirgsdruck entweder in den Grenzen zu halten, die seine natürliche Berechtigung bilden — oder den Druck nach Willkür vergrößern zu können. Da nun die Größe des Gebirgsdruckes derjenige Factor ist, mit dessen Wachsen sich die Kosten eines Tunnelbaues vergrößern und die Sicherheit sich verringert — so ist es klar, daß für den leitenden Beamten die wichtige Aufgabe entsteht, dem Gebirgsdrucke eine Ueberschreitung seiner natürlichen Grenzen nicht zu gestatten.

Es darf also im Angriffe des Tunnelprofiles keineswegs nach Willkür vorgegangen, sondern muß die Abbauarbeit so vorgenommen werden, daß die folgenden Partien sich auf die vorherige stützen können. So müssen beispielsweise in schwimmendem und rolligem Gebirge Unterfahrungen der einzelnen Profiltheile untereinander möglichst vermieden werden, weil dieselben nur geeignet sind, das Firstgebirge zu lockern, ohne einen anderweitigen merklichen Vorzug zu gewähren. Es müßte demnach, um den Hauptbock (abc in Fig. 19, Taf. 16) eines Gespärres in schwimmendem und arg rolligem Gebirge einbauen zu können, zuerst die Partie a, dann darauf sich stützend die Partie b und schlüßlich die Firstpartie c abgebaut werden und nicht zuerst c, dann b und zuletzt a, weil solche dreimalige Unterfahrung bei der größten Vorsicht gewaltige Lockerung des gesammten Gebirges mit sich bringen muß; man soll also für die Auffahrung des Bockraumes einen „Firstenbau" und

keinen „Stroffenbau" annehmen. Ferner darf bei einem Ausbau mit Holz nie mehr Länge erschlossen werden, als es der Druckfähigkeit des Gebirges angemessen ist; denn schließt man eine zu große Länge auf, so kann sich selbst ein sonst ziemlich standhaftes Gebirge arg lockern und muß solche Lockerung bedeutende Dimensionen annehmen, wenn das zu durchörternde Gebirge milde oder gar weich zu nennen ist.

Besonders gefährlich sind in dieser Hinsicht solche Tunnelbauten, welche nicht tief unter Tage liegen, und welche kurze Länge haben. Baut man bei derartigen Tunneln der Mauerung zu viel vor, so kann auf die leichteste Art der ganze Berg in Aufruhr gebracht werden und die alsdann auftretenden Druckerscheinungen sind in der Regel so arg, daß man vor dem Eingange eines solchen Tunnels füglich Dante's Worte:

„voi che entrate, lasciate ogni speranza"

hinschreiben kann.

Wenn nach den erwähnten Fahrlässigkeiten aber auch obenhin die ungemeine Schwierigkeit, welche der vorliegende Tunnel verursacht, als besondere technische Merkwürdigkeit hervorgehoben wird, so darf man sich auch nicht wundern, wenn die Gewalt der Elemente gegenüber solcher Behandlung das Uebergewicht erlangt — denn es reicht dann oft die größte Anstrengung nicht aus, einen völlig in Bewegung begriffenen Tunnelberg so weit zu bewältigen, daß ein Bruch noch umgangen werden kann. Entsteht aber wirklich ein Bruch, so ist er meist ein „Tagebruch". —

Es bietet sich hier eine Gelegenheit zu der Bemerkung, daß der österreichischen Baumethode der Vorwurf gemacht wurde, sie lockere das Gebirge zu sehr auf. Dies kann nur der Fall sein, wenn sie unrichtig durchgeführt wird, oder wenn man, was ja mit jeder Methode durchführbar ist, zu viel Länge auffährt. Thatsächlich kann man aber mit der österreichischen Construction so kurze Längen auffahren, wie man überhaupt will, und jene Tunnelbauten, welche durch effectiv schwimmendes Gebirge mit dieser Methode getrieben wurden, bieten ja den Beweis, daß in solchen Fällen das Profil nur in dünnen Scheiben (in sehr kurzen Längen-Stücken) aufgefahren werden muß.

8. Unvollkommene Auswölbung.

Die unvollkommene Auswölbung eines Tunnels, manchmal Ursache eines Bruches, kann in Folgendem liegen.

a. Mangelhafte Ausführung der Mauerung.

Dieselbe kann bestehen in schlechtem Material, in schlechter Bearbeitung der Steine, in zu starken Fugen*) (zu viel Mörtelmasse), im Mangel genügender Hintermauerung, oder in ungenügender Entwässerung. Vornehmlich ist auf eine, alle Räume hinter dem Gewölbe vollständig ausfüllende Hintermauerung, sei sie nun trocken oder naß, zu achten. Man kennt im Tunnelbau Beispiele, daß bedeutende Hohlräume offen gelassen wurden, und daß ein fertiges Gewölbsstück zu Bruche ging, weil eine Gesteinspartie mit so arger Wucht auf das Gewölbe stürzen konnte, daß dieses durchgeschlagen wurde. Mit dem Vorhandensein von Hohlräumen hinter dem Gebirge ist selbstredend auch dem Gewölbe in der Praxis die Spannkraft genommen und kann, wenn eine solche Gewölbspartie nicht durch den Zusammenhang mit den Nebengewölbsstücken gehalten wird, sehr leicht ein Einsturz entstehen.

b. Ungenügende Construction der Lehrbögen.

Eine unzureichende Construction der Lehrbögen, liege sie nun an zu geringer Holzstärke, unzweckmäßigen zimmermännischen Verbindungen oder an einer Stellung der Hölzer, welche allseitig ankommendem Drucke nicht entspricht, wird im Allgemeinen kein directer Anlaß zu einem Bruche sein, da die Mängel einer Construction in diesem Falle leicht durch fernere Unterbauung von Hilfshölzern redressirt werden können; wohl aber kann mangelhafte Construction des Lehrbogens dazu führen, daß der Druck dieselben verschiebt, daß hiernach das ungeschlossene Gewölbe Bewegungen annimmt, und daß derartige Verdrückungen der Gewölbslinie Anlaß zu unentsprechender Lage der Mittellinie des Druckes, also Anlaß zu Brüchen geben.

c. Ungenügende Construction des Profiles der Ausmauerung.

Dieselbe kann vorkommen, wenn die Wölbung nicht die genügende Stärke hat, wenn dem Sohlengewölbe ein zu flacher Bogen zugewiesen wird, wenn die Widerlager nicht die entsprechende Auskrümmung oder Böschung, oder wenn die Widerlager bei starkem Seitendrucke zu seichte Fundamente haben, oder endlich, wenn man Gewölbe auf Tunnel-Gesteinswiderlager setzt, welche ausbröckeln können.

II. Classification der Brüche.

Ein Bruch kann nach der Form seines Auftretens in verschiedener Weise bezeichnet werden und zwar vermag man zu unterscheiden: einen Ortsbruch, einen Sohlenniederbruch, einen Firstenbruch, einen Tagebruch, einen Zusammengang und einen völligen Bruch der Wölbung. Wir wollen nun in Kürze eine Erklärung dieser Ausdrücke vornehmen.

1. Der Ortsbruch.

Bricht in einem unterirdischen Baue aus einer „Wand", einem „Stoße", oder aus einem „Orte" während der Auf-

*) Bei sofortiger Verhärtung des Mörtels würde dieser Grund natürlich wegfallen.

fahrungsarbeit das Gestein oder das Gebirge in geringer Masse herein, so daß nur die dicht vor Ort stehende provisorische oder verlorene Zimmerung, und nicht die rückwärts stehende definitive Ausbölzung anders beschädigt wird, als höchstens durch Verschiebung oder Zerbrechung untergeordneter Theile: so nennt man dies einen „Ortsbruch". Nach erfolgtem Bruche muß man also noch die Wahrnehmung machen können, daß nur das Ort, und nicht, oder wenigstens nur untergeordnet, die anderen Nachbarstöße, als Firste, Ulmen ꝛc. beschädigt sind. Ortsbrüche sind also vorwiegend nur untergeordnete Ausbröckelungen aus dem Arbeitsorte und nur insofern mit Vorsicht zu beachten, als sie überhaupt brüchiges Gebirge anzeigen und oft nur die Vorläufer größerer Brüche sind, oder den unmittelbaren Beginn solcher größeren Brüche bilden können. Sehr achtsam muß man namentlich Ortsbrüche in rolligem oder gar schwimmendem Gebirge behandeln und Alles aufbieten, die mit dem Ortsbruche begonnene Gebirgsbewegung zu dämmen, weil in solchem Gebirge der Beginn der Bewegung das Signal zu ausgedehnterer Ablösung ist. Die Bewältigung der Ortsbrüche werden wir weiter unten gar nicht besprechen, weil sie ein Moment bilden, welches fast bei jeder unterirdischen Auffahrungsarbeit vorkommt, den Vorgang dieser bergmännischen Arbeit kaum ändert, sondern nur gespanntere Aufmerksamkeit, verstärkte definitive Zimmerung und dem jeweiligen Falle entsprechend, geänderte verlorene Zimmerung beansprucht. Artet ein Ortsbruch also nicht zu einem größeren Durchbruche aus, so beschädigt er kaum mehr, als die dicht bei der Ausgrabung eingebaute verlorene Zimmerung — denn werden definitive rückwärtige Thürstöcke oder Gespärre, also vollendete Zimmerungspartien durch Brüche beschädigt, so muß auch schon die Decke des Baues in größerem Maaßstabe mit zum Sturze gelangen und hört dann die Benennung „Ortsbruch" auf. — Im Tunnelbaue tritt ein Ortsbruch demnach vorwiegend nur beim Vortriebe von Stölln und sonstigen Profilspartien auf, und kann auch damit eine Ausbröckelung aus fertig ausgehauenen Seitenwänden bezeichnet werden, wenn solcher Gesteinssturz so geringfügig bleibt, daß die Zimmerung des oberen Tunnelprofiles keine maaßgebende Beschädigung erleidet.

2. Der Sohlenniederbruch.

Einen „Sohlenniederbruch" nennen wir einen solchen Bruch, wo die Sohle des Baues nach abwärts durchbricht. Ein derartiger Einsturz ist also nur dann möglich, wenn sich nahe unter der Sohle des Tunnels hohle Räume befinden. Diese Hohlräume können entweder bestehen aus natürlichen größeren Höhlungen im Gebirge, oder aus Theilen verlassener oder auch im Betriebe befindlicher unterirdischer Baue.

Meines Wissens haben sich bis jetzt nur zwei Tunnel in der Gefahr eines Sohlenniederbruches befunden; nämlich der Tunnel Nr. I. am Karste, welcher, wie schon erwähnt, auf eine dicht darunter liegende Tropfsteingrotte stieß, und der Tunnel nächst Montretout, welcher sich über unterirdischem Steinbruchsbaue befand. In ersterem Tunnel erfolgte kein Einsturz, weil die Grotte rechtzeitig entdeckt, ausgezimmert, theilweise verschüttet und unterhalb des Tunnels ausgemauert werden konnte. In letzterem Tunnel war der Niederbruch nur geringfügig; er erstreckte sich nur auf den Niedersturz des Fundamentes und einen Theil des Widerlagers und konnte eine rechtzeitige Untermauerung ebenfalls vor größerem Schaden wahren. Daß in einem solchen Bruchfalle überhaupt die Mauerfundamente bis zu sicherer Sohle ausgedehnt werden müssen, ist kaum erwähnenswerth.

Bei einem ausgedehnten Sohlen-Niederbruche würde der entstandene Schuttkegel nach denselben Principien zu durchfahren sein, die wir weiter unten benennen werden.

3. Der Firstenbruch.

Wir nennen einen Firstenbruch denjenigen Bruch, wo aus der Decke, dem oberen Theile oder der „Firste des Baues" mehr oder minder bedeutende Massen herabstürzen, den Tunnelraum theilweise oder über die Profilhöhe hinaus verschütten, und wo oberhalb des Schuttkegels sich noch ein hohler unterirdischer Raum vorfindet. Derartige Brüche (s. Fig. 20, Taf. 16) sind die häufigsten und bieten Beispiele dafür unter Anderem die Tunnel Nr. I, V und VI auf der Karstbahn, der Tunnel bei Rosenstein, dann jene bei Bildstock, bei Stortel-Husberg, bei Welschenennest, bei Lioran ꝛc. Sind die Sturzmassen gering, so verfüllen sie die Tunnelhöhe nur theilweise, man kann also stets in denjenigen Raum hineintreten, welchen der Bruch über dem Schuttkegel gebildet hat. Sind die Sturzmassen aber bedeutend, so verfüllen sie die Profilhöhe des Tunnels völlig und der Bruchraum ist öfter vorläufig unzugänglich. Da diese zwei Arten von Firstenbrüchen verschiedene Behandlung erfordern, so wollen wir sie durch verschiedene Bezeichnung trennen und die erste Art: den „Firstenbruch mit theilweisem Versturz des Tunnelprofiles"; die letztere Art aber: „Firstenbruch mit völligem Versturz" nennen. Die erste Gattung der Brüche ist häufiger, als die zweite.

4. Der Tagebruch.

Hat ein Einsturz so bedeutende Dimensionen angenommen, daß sich die Lockerung des Gebirges bis zur Oberfläche des Terrains so weit ausdehnt, daß daselbst Einsenkungen („Pingen"), ja sogar förmlich Sturztrichter entstehen, durch welche das Tageslicht oft bis in die verbrochenen Räume zu dringen vermag, so nennt man einen solchen Bruch einen „Tagebruch".

Ein Tagebruch kann demnach nur durch eine Loslösung sehr bedeutender Massen auftreten und wird demgemäß nicht allein die Bruchgewalt riesig, sondern die Profilhöhe des Tunnels auch völlig durch den Schuttkegel verfüllt sein. Die Gewalt der Tagebrüche ist meistens so groß, daß sie allen vor der Mauerung stehenden Holzausbau umstürzt, nicht selten schon geschlossenes Gewölbe beschädigt und in der Regel überhaupt die Bruchesgrenze nur durch geschlossenes Gewölbe festgehalten wird. Die Größe dieser Gewalt läßt auch den einfachen Schluß zu, daß letztere höchst selten in einem Momente entstehen kann, sondern daß dem Tagebruche fast unbedingt colossale Druckerscheinungen als Warnungszeichen vorhergehen müssen.

Tagebrüche kamen unter Anderem beim Bau des Klamner-Tunnels und Wolfsberg-Tunnels der Semmeringbahn, des Werdobler Tunnels ꝛc. vor.

5. Der Zusammengang der Auswölbung.

Wird durch fast ringsum andrängenden, enormen Druck ein Bauprofil mehr oder minder verengt, so nennt man ein solches Ereigniß einen „Zusammengang". Wir beziehen diese Benennung im Tunnelbaue aber nur auf Profile der entweder schon vollendeten oder in Arbeit begriffenen Auswölbung und nicht auf die Profile der Zimmerung, weil der stets vorkommende Gebirgsdruck sich überhaupt immer durch Verengung des Bauprofiles der Zimmerung kennzeichnet. Erfährt das Bauprofil der Wölbung nur eine geringe Verengung, so kann man dieselbe als einen „gewöhnlichen Zusammengang" bezeichnen; sind die Verdrückungen so bedeutend, daß sie Reconstructionsarbeiten an der Mauerung hervorrufen, so nennen wir eine solche Bauverengung einen „außergewöhnlichen Zusammengang"; ist die Verdrückung des Profiles aber eine solche, daß der ausgehöhlte Raum wieder vollständig vernichtet wird, so nennt man dies im Bergbaue überhaupt einen „völligen Zusammengang" des Baues.

Ein „völliger Zusammengang" des Baues, welcher nur durch ringsum drängenden Druck entstanden wäre, ist im Tunnelbaue nicht bekannt; im Bergbaue ist er aber vereinzelt vorgekommen, weil wegen des kleinen Profiles eines Stollns die überhaupt anbringbare Zimmerconstruction und die noch möglichen Holzstärken mitunter nicht hinreichten, auch vereinzelte, ganz enorme Druckfälle stattgefunden haben, wo die thunlich gewesene Gewölbsform nicht ausreichte. So hat die Auffahrung größerer Partien schwimmenden Gebirges durch allseitig anpressenden Druck schon zuweilen einzelne noch in Zimmerung gestandene Stollnlängen durch „völligen Zusammengang" des Baues vernichtet, und kennt man auch vereinzelte Fälle, wie z. B. auf der Grube Maria bei Miechowitz, wo die elliptische Ausmauerung nicht Stand hielt, sondern durch „völligen Zusammengang" zerstört wurde.

Ein gewöhnlicher Zusammengang des ausgemauerten Profiles ist im Tunnelbaue nicht selten, er ist aber begreiflicherweise auch kein „Bruch" im eigentlichen Wortessinne, und wird hier nur der Vollständigkeit halber mit angeführt. Zu den gewöhnlichen Zusammengängen sind auch diejenigen, so häufig vorkommenden Gewölbsverdrückungen zu rechnen, welche sich durch Zurücklassen von Buckeln in der Leibung des Gewölbes äußern, und welche entweder auf der Verschiebung der Lehrbögen während der Wölbung, oder auf denjenigen Veränderungen der Mittellinie des Druckes beruhen, die theils in zu schwacher Wölbstärke, in ungenügendem Bindemittel, in zu bedeutender Mörtelmasse (also namentlich bei Ziegelmauerwerk, bei Bruchsteinmauerwerk, oder bei zu dicken Fugen überhaupt), theils in schlechter Keilform der Steine bestehen. Vorzugsweise rechnet man aber zu den gewöhnlichen Zusammengängen jene, allerdings nur nach Zollen meßbaren Profilverengerungen, welche ihren Grund darin haben, daß einzelne Wölbepartien bereits verschoben wurden, ehe der Schlußstein zur Einfügung gelangte. Es können hierhergehörig beim Vorkommen druckreicher Gebirgsarten namentlich Hereinschiebungen der Widerlager wahrgenommen werden, wenn das Bausystem ein solches ist, daß das Sohlengewölbe nicht rechtzeitig oder überhaupt erst zuletzt eingespannt wird. Beispiele von Tunneln, die einen gewöhnlichen Zusammengang, d. h. eine Profilveränderung um wenige Zolle erlitten haben, sind so häufig, daß ihre Anführung nicht einmal historisches Interesse hat. Wir bemerken noch, daß man den so häufigen, gewöhnlichen Zusammengängen dadurch begegnen kann, daß man die eben erwähnten Ursachen meidet, besonders aber das Mauerprofil richtig construirt, ein Bausystem wählt, welches mit dem Sohlengewölbe bei der Mauerung beginnt — und namentlich das „unglückselige Kernbausystem" bei drohenden Gebirgsarten principiell verwirft.

Ein „außergewöhnlicher Zusammengang" kennzeichnet sich durch so bedeutende Profilverdrückungen, daß eine Ausbröckelung der Wölbesteine eintritt, und daß der nöthige lichte Profilraum durch Fortnahme des schadhaft gewordenen Mauerwerkes und durch Errichtung neuer Wölbung wieder gewonnen werden muß. Wegen der Zerbröckelung der Wölbesteine kann eine bedeutende Demolirung Platz greifen und ist alsdann der Name „Bruch" anwendbar, auch wenn ein eigentlicher Einsturz nicht erfolgt.

Beispiele so arg verdrückter Tunnel-Wölbeprofile, daß Reconstructionsarbeiten vorgenommen werden mußten, sind ebenfalls nicht selten, und lassen sich unter Anderem der

Semmering-Haupttunnel, der Triebitzer und der Czernitzer Tunnel anführen. In beiden letzteren lag der Grund der Verdrückung im Auftriebe der Sohle, welcher so arg war, daß das Sohlengewölbe vernichtet und die Widerlager energisch hereingedrängt wurden. Im Czernitzer Tunnel wurden die anfänglich 24 Fuß auseinander stehenden Widerlager binnen wenigen Stunden bis auf 6 Fuß Distanz zusammengeschoben*), jedoch ohne daß das Gewölbe niederstürzte.

6. Völliger Bruch der Mauerung.

Tunnelbauten, welche nach vollendeter Mauerung in einem Theile ihrer Länge völlig eingestürzt sind, beschränken sich auf sehr wenige Beispiele, von denen wir nur dasjenige des Tunnels bei Cumptich**) anführen wollen.

III. Gewältigung der Brüche.

Ist aus irgend einer der früher genannten, oder aus sonst welcher Ursache ein Bruch entstanden, so wird es sich darum handeln, denselben so sicher, rasch und billig als nur möglich aufzuräumen, oder wie der Bergmann sagt, zu „gewältigen".

Es würde die Grenzen der vorliegenden Skizze bedeutend überschreiten, wollte ich über solche Gewältigungsarbeiten ganz detaillirte Angaben machen. Es muß vielmehr auf die zahlreichen Beschreibungen und Zeichnungen hingewiesen werden, welche über diesen Gegenstand in selbstständigen Werken über Tunnelbau und in betreffenden periodischen, bautechnischen und bergmännischen Schriften gesammelt sind. Hier soll nur eine generelle Uebersicht der Behandlungsweise der Brüche bei Tunnelbauten gegeben, und sollen nur die hauptsächlichst zu beachtenden Momente hervorgehoben werden — da es leider auch zu häufig der Fall ist, daß die Gewältigungsarbeiten entstandener Brüche oft ganz verkehrt angegriffen werden, sei dies nun Folge des Mangels an Erfahrung, oder Folge des Mangels an Geistesgegenwart im entscheidenden Augenblicke.

1. Allgemeiner Vorgang der Gewältigungsarbeit.

Hat man bei einem entstandenen Bruche das große Glück, daß Menschen weder verschüttet noch abgesperrt sind, Rettungsarbeiten also entfallen, und läßt man die Beschreibung der Gewältigung der obengenannten Ortsbrüche, so wie jene der Verengerungen des Wölbeprofiles außer Acht, beschäftigt man sich vielmehr nur mit solchen Brüchen, wo factische Niederstürze erfolgt und Schuttkegel vorhanden sind, so läßt sich anführen, daß die Gewältigungsarbeiten folgende Reihenstufe zu bilden haben:

a) Sicherung des unverletzten Baues nächst den Bruchenden,
b) Vorbereitungen zur Durchfahrung der Schuttmasse,
c) die Durchfahrung der Schuttmasse und
d) die Unterwölbung der Bruchstelle.

Wir wollen nun vor Allem diese Arbeiten einer kurzen Besprechung im Allgemeinen unterziehen, ehe wir ihre Durchführung in den verschiedenen Bruchfällen näher entwickeln.

a. Sicherung des unverletzten Baues nächst den Bruchenden.

Jeder Bruch hat die Tendenz, sich auszudehnen, also auch, im Längenprofile des Baues betrachtet, weiter zu reißen. Unterstützt wird diese Tendenz durch die dicht an den Bruchenden vorhandene Beschädigung der Zimmerung oder Mauerung. Es liegt also vor allen Dingen die Aufgabe vor, ein solches Weiterreißen energisch zu verhindern und erreicht man dies öfter schon durch kräftige Verstärkung der dem Bruche zunächst liegenden Bölzung mittelst Einbau von genügender Hilfszimmerung, oder durch eine dichte Aufstellung von Lehrbögen unter jenen Gewölbspartien, die dem Bruche zunächst liegen, die also fernerer Beschädigung ausgesetzt sind. Zuweilen kommen jedoch so bedrohliche Bruchfälle vor, daß eine solche Sicherung zu lange Zeit in Anspruch nimmt und daß man sich auf sie allein, besonders wenn „der Bruch immer im Gange bleibt", nicht verlassen kann. In diesen Fällen baut man einen „Versatz" ein. Ein „Versatz" ist in der hierher gehörigen Bedeutung eine fast völlige Verspundung des Bauprofiles an den Bruchenden. Das Wesen eines Versatzes ist also die schnellste Aufstapelung von Hölzern oder Steinen am Bruchende. Man hat dabei nicht Zeit und Gelegenheit, regelrechte Holzconstructionen aufzustellen, sondern schichtet entweder Holz in Form von Scheiterhaufen auf, legt es rasch in Form von Blockwänden hin, baut in Form von dicht aneinander stehenden, senkrecht aufgestellten Hölzern eine Verspundung auf, oder bildet den Versatz durch der Länge nach aufeinander gelegte, rasch hingeworfene oder hingeschobene Holzstämme. Oefter schichtet man auch in größter Eile ein Trockenmauerwerk in die Höhe, oder führt rasch eine Verspundungsmauer in Mörtel auf. In dem Versatze wird natürlich eine entsprechende Oeffnung für den Zutritt zum Bruche belassen.

Rückwärts des Versatzes kann man, weil ein Weiterreißen des Bruches damit behindert ist, den Verstärkungsbau durch regelrechte Hilfszimmerung, durch Lehrbögen 2c.

*) Der Sohlenauftrieb im Czernitzer Tunnel, „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, 1857".

**) Stuttgarter Eisenbahnzeitung, Jahrgänge 1845 und 1846.

vornehmen und richtet sich die Beschaffenheit des Versatzes nach derjenigen Eile, die man hat, und nach der Oertlichkeit verschieden ein. Wir sehen aus Obigem, daß es ein Leichtes ist, oft binnen wenig Stunden, selbst dicht vor der gefahrdrohenden Stelle den Versatz aufzuführen, und muß gesagt werden, daß die Versäumniß dieses höchst einfachen Mittels, wie ich öfter beim Besuche von Bruchstellen zu beobachten Gelegenheit hatte, ein erhebliches Weiterreißen des Bruches veranlaßt hat. Die Länge des Versatzes richtet sich selbstredend nach der Größe des Druckes und nach der Höhe des zu versetzenden Bauprofiles. Man wird also Versatzlängen zwischen etwa 10 und selbst 24 Fuß im Tunnelbaue, je nach Umständen, ausführen müssen.

b. Vorbereitungen zur Durchfahrung der Schuttmasse.

Hat man die erste Nothwendigkeit, nämlich die Verhinderung des Weitergreifens des Bruches (im Sinne des Längenprofiles des Baues) erreicht, so haben der eigentlichen Durchfahrung der Schuttmasse mit einem neuen Ausbaue des zu gewinnenden Raumes gewisse Vorbereitungen vorherzugehen, die sich in Folgendem skizziren lassen.

α) Untersuchung des Bruches.

Die Untersuchung eines Bruches kann entweder in der technischen Besichtigung des Bruchraumes bestehen, sobald ein Zutritt in denselben überhaupt möglich ist, oder muß sich auf die technische Besichtigung der äußeren Formen des Bruches, also auf die Untersuchung der Oberfläche des Berges über der Bruchstelle, auf die Ausdehnung des Schuttkegels im unverstürzten Tunnelraume und auf die Inaugenscheinnahme der allfalls verletzten, aber noch Zutritt erlaubenden Tunnelpartien beschränken. Das Ergebniß der Untersuchung veranlaßt die zu wählenden ferneren Dispositionen.

β) Bildung eines Zutrittsweges zum hinteren Bruchende.

In denjenigen Fällen, wo durch den Bruch der Zugang zum hinteren Bruchende verstürzt ist, wo also dieses hintere Ende weder durch das entgegengesetzte Tunnelmundloch, noch durch einen vorhandenen Schacht erreichbar ist, müssen selbstverständlich Mittel und Wege getroffen werden, daß man zu dem rückwärtigen Bruchende gelangen kann. Die Länge des vorhanden gewesenen Tunnelausbaues und die von dem vorderen zutrittbaren Ende des Bruches erkennbare Bruchgewalt giebt wohl immer die annähernde Tarirung der Bruchlänge an, selbst wenn der durch den Bruch entstandene Hohlraum nicht zugänglich ist. Man wird also entscheiden können, auf welche Art das hintere Bruchende am raschesten und sichersten zu erreichen und zugänglich zu machen ist. Solcher Wege giebt es überhaupt drei. Man kann nämlich bei geringer Terrainhöhe durch einen rasch niedergeteuften seigern Schacht, bei günstiger Bergform durch einen von Außen und der Seite her getriebenen schrägen (tonnlägigen) Schacht oder Stolln, oder durch einen solchen Stolln zum andern Bruchende gelangen, welcher im Tunnel durch die Schuttmasse getrieben wird.

Im Allgemeinen wählt man, wenn besondere Gegengründe nicht vorliegen, den letzteren Weg lieber, weil ein derartiger Stolln ohnedem nothwendig wird, damit später die Arbeiten der Bruchgewältigung zwischen einander Communication finden.

γ) Aufstellung der Bockwände.

Soll die Bruchstelle auf's Neue durchörtert werden, so kann dies nur dann geschehen, wenn man sich vorher feste Punkte gebildet hat, von denen die Bruchzimmerung ausgeht und auf die sie sich immer stützt. Solche Ausgangspunkte müssen sehr fest sein und bildet man sich dieselben durch förmliche Holzwände, welche in dem noch unverbrochenen Tunnelraume aufgestellt werden. Solche Wände heißt man „Bockwände" und geben die Figuren 20, 21, 22, 23 auf Tafel 16 (Tunnel Nr. V am Karst), dann 26 und 27 auf Tafel 17—18 (Wolfsberg-Tunnel am Semmering) Beispiele davon.

δ) Planirung des Schuttkegels und Beseitigung drohender Firstblöcke.

Hat man die bisher besprochenen Sicherungen und Vorbereitungen getroffen, so muß der Schuttkegel durch stufenförmige Planirung für den Angriff der Durchfahrung zubereitet werden. Hat ein Firstbruch mit theilweisem Versturze des Tunnelprofiles stattgefunden und kann man also den Bruchraum betreten, so muß vor Allem nachgesehen werden, ob der Aufenthalt und die Hantirung in diesem Bruchraume nicht durch solche große Felsstücke gefährlich ist, welche sehr lose aus der Firste des Bruchraumes herabhängen, und bei dem mindesten Anlasse stürzen dürften. Man giebt also vorkommenden Falls diesen Anlaß absichtlich und feuert einige Gewehrschüsse in den Raum ab, oder läßt einige gut verschlossene Pulverpatronen explodiren. Auf diese Weise beseitigt man also (ohne die Explosionen in's Unvernünftige zu steigern) die zunächst drohende, größte Gefahr. Gefährlich bleibt der Aufenthalt in solchem Bruchraume natürlich immer, da im Laufe der Zeit stets Nachbröckelungen vorkommen, und werden wir weiter unten die hierher gehörigen, nöthigen Vorsichtsmaßregeln bei Besprechung der Durchfahrung auseinandersetzen. Man planirt schlüßlich in dem zutrittfähigen Bruchraume den vorfindlichen Schuttkegel, sofern, und in wie weit die zu treffenden Durchfahrungsarbeiten dies erheischen.

c. Durchfahrung der Schuttmasse.

Die Arbeiten der Durchfahrung einer Bruchstelle können, abstrahirt von der Schuttbeseitigung, je nach der Gattung des Bruches entweder in Auszimmerung des Bruchraumes allein bestehen, oder in dieser Arbeit vereint mit der Durchörterung eines kleinen Schuttkegels, oder auch (sobald das volle Tunnelprofil verstürzt ist) lediglich in der Durchörterung des Schuttkegels. In allen Fällen ist die Arbeit ungemein schwierig und nicht selten mit erheblicher Gefahr verbunden. Es handelt sich nämlich darum, in eine lose hingeschüttete, mit zerbrochenen Hölzern oder selbst mit großen Felsblöcken gemengte Masse einzudringen, und kann die Beseitigung eines größeren Schuttsteines oder eines Holzstückes den lose aufgebauten Kegel so plötzlich und so mächtig in erneute Bewegung bringen, daß, sofern die Gewältigungsarbeiten nicht von genügend festen Ausgangspunkten vorgenommen wurden, sehr leicht die ganze bisher gemachte Arbeit wieder über den Haufen gestürzt wird. Auch muß man stets darauf gefaßt sein, daß durch oder während der Arbeit der Durchdringung der Bruchstelle der Bruch sich nach obenhin auszudehnen vermag, also oft ganz plötzlich und mit furchtbarer Gewalt neue Bruchmassen stürzen können; es muß die Zimmerung also solche Stöße thatsächlich auszuhalten im Stande sein.

Aus diesen Umständen geht aber hervor, daß die Wahl des Zimmerungssystemes durchaus nicht gleichgiltig ist, denn es ist wesentlich erforderlich, daß die Bölzung weder durch großen Druck, mag er nun von dieser oder jener Seite ankommen, noch durch irgend welche Gebirgsbewegung erheblich leiden oder gar umgestürzt werden darf. Die Zimmerung der Bruchdurchfahrung muß also nach allen Richtungen hin Spannkraft besitzen, sie muß Getriebe zulassen und den unumgänglich nöthigen Längenverband haben.

Der unparteiische Fachmann muß unbedingt dem österreichischen Bausysteme die Gerechtigkeit widerfahren lassen, daß dieses für die Durchdringung von Bruchstellen allen Anforderungen vollständig entspricht, und daß von den anderen Holzbausystemen dieses nicht behauptet werden kann. Auch hat man sich in der That bei Tunnelbauten mit Kronbalkensysteme (nach dem englischen) durch veränderte Constructionen beim Auftreten von Brüchen behelfen müssen.*) Betrachten wir die Anforderungen an die Bruchzimmerung etwas näher.

*) Siehe „Bruch im Bildstock-Tunnel", Zeitschrift für das Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, Jahrg. 1857; „Bruch im Welschenennester Tunnel", Organ für die Fortschr. d. Eisenbahnw., Jahrgang 1860; „Bruch im Stortel-Husberger Tunnel", Freiberger Civiling. IX. Band.

α) Die Bruchzimmerung muß den Arbeitern die nöthige Sicherheit gewähren.

Diese ist auf keine andere Art zu erreichen, als daß der Bergmann seine Arbeit von einem Orte aus verrichtet, welcher ihm völlig sicheren Schutz gewährt. Es ist demnach nöthig, daß beim Vorgange in die Bruchstelle immer ein schützendes Dach vorgesteckt werde, unter welchem der Bergmann ruhig arbeiten kann, d. h. ein Dach, welches mit der rückwärts schon ausgeführten Zimmerung in innigstem, unverrückbarem Zusammenhange ist.

Ein solches Dach om in Fig. 30, Taf. 17—18, kann nur unter Vermittelung stets weiter vordringender Längsbalken yom eingebaut werden, auf welche die Deckhölzer z zu liegen kommen. Die Langhölzer y würden aber eine unzusammenhängende, leicht verschiebbare Zimmerung abgeben, wenn die Deckhölzer z nicht selbst eine sich gegenseitig verspannende Construction bilden. Es ist also, soll die Idee des Vorstreckens eines schützenden Daches beibehalten werden, absolut nöthig, daß die Deckhölzer aus einem sogenannten Sparrenzimmer (a, bb, cc in Fig. 29, a, b, b in Fig. 31, oder ksf in Fig. 23 a) bestehen, und daß die tragenden Längsbalken: „Unterzüge" oder „Wandruthen", überhaupt einen „Längenverband" bilden. Nur durch die kreuzweise Stellung der Hölzer wird eine Bölzung gewonnen, die auf Anprall von Druck und Schub berechnet ist, Bedingungen, die dem Schutzdache eigen sein müssen. Es ist ferner klar, daß sich dieses Schutzdach nicht nur auf ein Querstück der Firste des Tunnelprofiles beschränken darf, sondern daß die ganze obere Tunnelhälfte in ihre Firste derartige Vorsichtsmaßregel erheischt.

Die österreichische Construction leistet nun, wie bekannt, diesen Schutz völlig und gestattet ein Vortreiben des Bruststoßes entweder mit einem Male über die ganze Profilscheibe, oder ein Vortreiben mit Auffahrung einzelner Profilpartien.

Alle Constructionen aber, welche aus der Composition zwischen englischer und österreichischer Methode, oder zwischen ersterer und dem Kernbaue entstanden sind, also mehrere Kronbalkenlängen aufschließen, gewähren diese Sicherheit nicht.

Der Hauptstolln abcd in Fig. 24 a kann, sofern man die Ständer ac und bd mit Kappen versieht, wohl auch mit Schutzdach vorgetrieben werden, aber nicht die so wichtige Ausweitung der Bogenorte. Während der Hauptstolln abcd im Sinne des gezeichneten Pfeiles x (s. Grundriß, Fig. 24 b) nach der Richtung der Länge des Bruches vordringt, kann die Ausweitung der Bogenorte nur rechtwinklig vom Stolln ab, im Sinne des eingezeichneten Pfeiles y betrieben werden. Es verliert aber bei diesem so wichtigen Vortriebe der Bergmann das genügend feste, für plötzliche Stöße und Schübe gewappnete Schutzdach und ist nicht allein der durch diesen Mangel

entstehenden Gefahr ausgesetzt, sondern er hat das Bruchgeschiebe winkelförmig (i k l) zu bewältigen, da ihm die Ausweitung des Bogenortes, nebenbei die Brust i k bildet. Drückt aber diese Brust (wie es im Bruchorte nicht anders möglich ist) stark, oder bilden sich plötzliche Gesteinsschübe, was doch unbedingt erwartet werden muß, so muß die Verschiebung der Brustzimmerung ein Verschieben der Kronbalken k l unbedingt mit sich bringen, weil die Brust ja gegen jene Spreitze s drückt, welche den Kronbalken hält. Diese Spreitzung hat aber, weil das Eindringen in Form eines Winkels überhaupt keine sich genügend verspannende Construction zuläßt, für die Gewältigung des Brustdruckes gar nicht einmal die geeignete Stellung und es ist augenscheinlich, daß arger Druck oder arger plötzlicher Stoß diese Spreitzen brechen, oder so arg verschieben kann, daß die Streichenbäume (oder Kronbalken) ebenfalls aus der normalen Lage weichen müssen, und bei anhaltender Bewegung umgeworfen werden können, der Bruch also auf's Neue in Gang kommt.

In Betreff der völligen Sicherheit der Zimmerung einer Bruchdurchfahrung ist also jedes „Streichenbausystem", sei es nun das englische, oder das neuestens beliebte deutsche unbedingt nicht hinreichend, demnach verwerflich.

β) Die Bruchzimmerung muß auf Getriebearbeit eingerichtet sein.

Dieser Anforderung wird nur eine Bölzungsconstruction mit Sparrenzimmer und nicht jene mit „Streichenbau" gerecht, weil ein „Getriebe" in einwärts gekrümmter Lage nicht möglich ist*), vielmehr in solchem Falle nach Fig. 33 (Taf. 17—18) behandelt werden muß, eine Weise, wodurch sich das eigentliche, zusammenhängende Zimmerungssystem verliert.

γ) Die Bruchzimmerung muß gegen Verschiebung gewahrt sein.

Diese Anforderung haben wir vorhin bei Besprechung der Sicherheit der Zimmerung für die Arbeiter kennen gelernt, und nur noch wiederholt (weil so wichtig) zu bemerken, daß man bei Durchfahrung von Brüchen auf ganz enormen Druck, auf ganz plötzliche, gewaltsame Gebirgsbewegungen gefaßt sein, also in allen Fällen eine Zimmerung einbauen muß, welche bei vorkommender, selbst geringer Verschiebung einzelner Theile nicht etwa schon wieder einem Umsturze in ihrer ganzen Ausdehnung ausgesetzt ist. Es ist also ein Zimmerungssystem mit kreuzweisem Holzverbande absolut nöthig — denn wenn beim Systeme mit Kronbalken nur ein solcher Balken durch Verschlagen der ihn tragenden Spreitzen, durch Zerbrechen, oder durch die Richtung eines Schubes, welcher der Lage des Kronbalkens nicht entspricht, herabgeworfen wird, so ist die Spannung des ganzen Zimmerungssystemes verloren und der Bau muß auf's Neue zu Bruche gehen. Jedes Zimmerungssystem aber, welches beim Verschieben oder beim Verlorengehen eines Holzes zu Bruche gehen kann, ist doch unbedingt als ein für den Bruchausbau vollständig unzureichendes zu bezeichnen, da beim Bruchausbau im Vorhinein auf arge Verschiebung, ja auf den völligen Umsturz einzelner Hölzer immer gerechnet werden muß.

Nach diesen Auseinandersetzungen, die wir aus Mangel an Raum hier nicht weiter entwickeln können, kann also auf Grund gemachter Erfahrungen die österreichische Bölzungsweise nur dringend empfohlen werden. Bedingung ist es aber, daß man der österreichischen Construction auch in solchem Falle genügenden Längenverband giebt, und daß man bei Auffahrung des vollen Profiles namentlich nicht der schon früher erwähnten Schwellenunterzüge c c in Fig. 34, s in Fig. 35 und Fig. 36, auch nicht der Langhölzer a a, b b in Fig. 34, l l l in Fig. 35 und 36 vergessen darf, weil sich sonst die Schwellen und Säulen verschieben und die ganze Bölzung arg knicken und eine Beweglichkeit in die gesammte Zimmerung kommen muß, die ungemein verderblich ist, eine Bewegung, welche, wie schon früher bemerkt wurde, so ausarten kann, daß enorme, oft nicht zu bewältigende Schwierigkeiten entstehen**). Eben so müssen unbedingt Schubstreben, s s in Fig. 15, den Gespärren in genügender Anzahl zugewiesen werden.

d. Unterwölbung der Bruchstelle.

Es ist einleuchtend, daß man trachten muß, mit der Untermauerung der Bruchstelle so rasch als möglich vorzugehen. Man wird also, um die Gebirgslast möglichst rasch definitiv bewältigen zu können, die Aufmauerung beschleunigen, wegen des großen Druckes die Aufführung kurzer Wölbelängen vornehmen, und der entsprechenden Gewölbestärke Rechnung tragen müssen. Beim Aufmauern selbst ist aber namentlich auf tadellose Auswechselung der Hölzer, auf vorzügliche Entwässerung und auf dichte Bogenstellung zu achten. Auch muß man bei gewissen Bruchformen Sorge tragen, daß das Gewölbe hinterher am nachstürzenden Gebirge keine Stöße erleidet, und daß ihm die entsprechende Belastung in jenen Fällen zugewiesen wird,

*) Den Beweis hierfür habe ich in einem früheren Aufsatze (siehe Erbkam's „Bauzeitung, Jahrgang 1858") geführt.

**) Ich bemerke hier, daß ich Gelegenheit gehabt habe, Tunnelbaue mit so arg geknickter und in Bewegung begriffener österreichischer Bölzung, welcher Schwellenunterzüge fehlten, zu sehen, daß man in der That den Gegnern österreichischer Bauart mit diesem Zustande des Ausbaues nichts Rühmliches bieten konnte. Durch eine solche Behandlung der österreichischen Bauart ist jedoch selbstredend deren ungemeiner Vorzug vor den andern Holzbaumethoden im Allgemeinen nicht beeinträchtigt.

wo ohne Ausfüllung des Bruchraumes ein Nachstürzen desselben nicht stattgefunden hat. Beide Anforderungen concentriren sich also in der möglichsten Ausfüllung oder „Versetzung" des Bruchraumes. —

Nach dieser allgemeinen Skizzirung einer Bruchgewältigungsarbeit wollen wir nun uns der specielleren Beschreibung der Gewältigung der verschieden benannten Brüche in Kürze zuwenden, indem wir nochmals in Erinnerung bringen, daß der gewöhnlichen „Ortsbrüche" und der „Sohlenniederbrüche" aus den früher angeführten Gründen hier nicht weiter gedacht werden soll. —

2. Gewältigung der Firstenbrüche mit theilweisem Versturz der Höhe des Tunnelprofiles.

Diese Art Brüche ist die häufigste. Man kann aber von dieser Art noch zwei verschiedene Unterabtheilungen unterscheiden, deren eine sich durch den Herabsturz geringer, deren andere sich durch einen Herabsturz bedeutender Massen charakterisirt.

a. In ersterem Falle hat ein Bruch im Allgemeinen eine geringere Länge, als die Höhe des bereits ausgegrabenen Bauprofiles bemißt, und sind die Gewältigungsarbeiten oft binnen wenig Stunden oder Tagen durchzuführen. Diese Arbeiten beschränken sich darauf: die angrenzende Zimmerung zu verstärken, sie mit tüchtigen Schubstreben zu versehen, unter der Bruchstelle rasch eine kräftige Zimmerung aufzustellen und den darüber liegenden Bruchraum durch Versatz oder Bölzung zu sichern.

Die unter die Bruchstellen einzubauende Zimmerung muß kräftig, aber einfach und thunlichst rasch aufstellbar sein. Bei der geringen Länge des Bruches gelingt es oft, dicht nebeneinander, lange Balken m m in Fig. 34, Taf. 17—18, rasch unter dem Bruchraume hindurch zu schieben, dieselben mit ihren Enden an oder über der beiderseits stehengebliebenen Zimmerung zu befestigen und durch Unterbauung von Gespärren nach Gebühr zu unterstützen. Der Bruchraum wird schlüßlich je nach den Umständen entweder mit Steinen, Faschinen oder Holzklötzen dicht ausgefüllt oder versetzt — oder er wird, falls keine erhebliche Gefahr vorhanden und seine Versetzung mit Steinen, aus irgend einem Grunde (z. B. nasse Ausmauerung) später erfolgen soll, nach Bedürfniß mit Holz ausgebaut (ausgezimmert). Ein solcher Holzausbau ist nach der Form des Bruches und nach dem Zwecke verschieden. Stellt man nämlich Zimmerungsgespärre einfachster Form a b b in Fig. 31 unter dem Bruchraume auf, so handelt es sich darum, diese Zimmerung, damit sie Spannung erlangt, auch zu belasten, oder, sofern dies aus irgend einem Grunde (oft Zeitfrage) nicht sofort thunlich ist, mit Hölzern, die sich gegen die Bruchwände stemmen, zu verstreben. Die vorgeführte Skizze, Fig. 31, giebt, ohne zur Norm dienen zu sollen, ein Beispiel einer solchen Verstrebung. Es muß aber nachdrücklich hervorgehoben werden, daß solche Verstrebung nur in halbwege sicheren Bruchräumen auszuführen ist, daß sie nur bei sehr kurzen Bruchlängen Anspruch auf Zweckmäßigkeit machen kann, und daß sie nur zur provisorischen Befestigung der darunter stehenden Zimmerung dient, weil der Bruchraum später doch definitiv versetzt oder vermauert werden muß. Als rasch unter Bruchräume aufstellbare Zimmerung läßt sich das in der eben genannten Figur in a b b ersichtliche, einfache „Sparrenzimmer" sehr empfehlen. —

b. Die andere Gattung der Firstbrüche mit theilweisem Versturz der Höhe des Tunnelprofiles erstreckt sich auf Längen, die ein Mehrfaches der Höhe des Tunnelprofiles betragen. Diese Bruchlänge wechselt in der Regel zwischen 25 und 120 Fuß. Die Gewältigung dieser Brüche kann, wenn die letzteren erhebliche Länge haben, als eine ungemein schwierige und höchst gefahrvolle betrachtet werden, denn da der Schuttkegel das ganze Tunnelprofil (hinsichtlich dessen Höhe) nicht ausfüllt, so handelt es sich darum, mit der Gewältigungsarbeit in einen Bruchraum vorzudringen, aus dessen Decke immer neue Massen nachzustürzen drohen, dieselben also nicht allein die Bergleute hoher Gefahr aussetzen, sondern auch den bereits vorgedrungenen Bau leicht wieder umstürzen können.

Wie ich bereits bei der Beschreibung der Gewältigungsarbeiten im Welschenennester Tunnel*) (zu deren Durchführung ich den ehrenvollen Ruf erhielt) auseinandergesetzt habe, kann man einen solchen Bruch auf dreifachem Wege gewältigen.

α) Man fördert die Schuttmasse S (in Fig. 37) heraus und stellt unter dem Bruchraume B, conform der Linie a b c d des Tunnelprofiles eine entsprechende Zimmerung auf. Dieser Weg kann sehr selten betreten werden, denn er erfordert eine geringe Bruchlänge (kaum über 25 Fuß), eine geringe Bruchhöhe, und die Sicherheit, daß neue Massen nicht nachstürzen. Schlägt man diesen Weg ein, so ist er conform dem vorhin unter a) besprochenen.

β) Man kann, unbekümmert um die noch nachstürzenden Massen in der Höhe des auszubauenden Tunnelprofiles a b c d (Fig. 37) mit einer Zimmerung successiv vorschreiten, und dabei die gewonnene Schuttmasse entfernen. Ein solches Vordringen ist nur bei Anwendung von Sparrenzimmer und Längenverband, also nur mit österreichischer Bölzungsweise möglich und verlangt immer die successive

*) Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Jahrgang 1860, S. 71.

Vorbauung eines Schutzdaches, welches wir bereits in Fig. 30 kennen gelernt haben, und welches durch sehr kräftigen Längenverband mit der rückwärts aufgebauten Zimmerung in so festem Zusammenhange stehen muß, daß nachstürzende Massen das hier in den hohlen Raum hineingebaute Schutzdach, welches natürlich auch durch provisorische Stempel von unten gestützt, resp. auf die Schuttmassen aufgelegt wird, nicht durchzubrechen, noch bedeutend zu verschieben oder gar umzustürzen vermögen.

In dem Maaße, als diese Zimmerung vordringt, muß sie aber mit Steinen, Holzstücken, Faschinen oder Verstempelung beschwert oder abgesteift werden, so daß nach Durchfahrung des Bruches auch der ganze Bruchraum ausgefüllt sich darstellt.

γ) Der dritte Weg der Gewältigung der in Rede stehenden Firstbrüche ergiebt sich dadurch, daß man die herabgestürzte Schuttmasse entsprechend und roh planirt, und diese Masse als Träger einer „Bruchabsperrung" benutzt, unter deren Schutze der neue Holzausbau erfolgt. Dieser Weg wurde, in Anbetracht der Localverhältnisse unter Anderem bei der vorhin erwähnten Gewältigung des Bruches im Welschenenester Tunnel und bei der Gewältigung des an derselben Bahn später erfolgten Bruches im Stortel-Husberger Tunnel*) gewählt. —

Eine „Bruchabsperrung" besteht aus schräg oder horizontal gelegten Balken d in Fig. 38; gg in Fig. 29, womit der Bruchraum oberhalb oder seitlich der künftigen Tunnel-Profilhöhe „abgesperrt" wird.

Ist die Schutthöhe nicht so groß, daß die absperrenden Balken direct auf die Schuttmasse gelegt werden können, so werden sie in der richtigen Höhe durch eine von der Oberfläche der Schuttmasse aus errichtete provisorische Unterstempelung getragen. Hat man die Balken, derjenigen Tunnellänge entsprechend, auf die man den Bruchausbau vorerst ausdehnen will, hingeschoben oder hingelegt, resp. aufgestellt, so werden sie mit Faschinen, mit Holzstücken oder mit Steinen beschwert, und ist insbesondere die Verwendung von Faschinen zu befürworten, da dieselben schnell zu beschaffen sind, dabei großes, hier schätzenswerthes Volumen haben, und da sie den großen, ja ungemein werthvollen Vortheil besitzen: als Polster für plötzlich nachstürzende Bruchmassen zu dienen.

Ist der Bruch seitlich, wie es (s. Fig. 29) beim Bruche im Tunnel Nr. VI. der Karstbahn der Fall war, so giebt man der Bruchabsperrung eine schräge Stellung, trachtet jedoch, wenn irgend thunlich, diese Absperrung gerade so hoch zu legen, daß die Sparrenzimmer (a, bb, cc) dicht darunter zu liegen kommen und die Abbölzung mit den Hölzern m, m, m... ausfällt — da man ein großes Augenmerk darauf richten muß, unter den Bruch eine Zimmerung einzubauen, die allseitige Verspannung besitzt und vor Verschiebungen gewahrt ist.

*) Freiberger Civilingenieur, IX. Band.

Nach Vollendung der Bruchabsperrung auf eine anfängliche Bruchlänge wird die Zimmerung darunter gebaut und dabei der betreffende Theil des Schuttkegels weggeräumt. Läßt es sich aber durchführen, so zieht man es vor, vor Angriff der Durchfahrung des Schuttkegels den Bruchraum auf seine ganze Länge abzusperren, da alsdann den Befürchtungen wegen Nachsturz mit einem Male der Boden genommen ist, um so mehr, als die Möglichkeit bedeutender Nachstürze in der Regel von der Länge der Zeit abhängt. Die Bruchabsperrung bietet in jedem Falle das schützende Dach, unter welchem die Bergleute die Durchfahrung des Schuttkegels vornehmen können, und bedarf es wohl keiner Erwähnung, daß man die Bruchabsperrung nicht immer in einer Ebene vornehmen kann, sondern daß sie öfter entsprechend den localen Verhältnissen der möglichen Schuttplanirung in verschiedenen Höhenabstufungen durchgeführt werden muß. Aus letzterem Grunde erhellt auch, daß sie manchmal höher liegen muß, als die zu unterbauende Zimmerung es wünschenswerth macht, daß also eine Abstempelung m, m (in Fig. 29) mitunter unabweislich ist. —

Nach entsprechender Durchfahrung folgt die Ausmauerung in gewöhnlicher, aber sehr vorsichtiger Weise. Daß man vor Beginn der Bruchgewältigung die früher schon angegebenen Vorsichtsmaßregeln hinsichtlich der Verstärkung der angrenzenden Zimmerung, hinsichtlich eines Versatzes, so wie hinsichtlich einer festen Bockwand als Ausgangspunkt der Zimmerung beobachten muß, so wie daß man rechtzeitig für eine thunlichst totale Ausfüllung des Bruchraumes, also für eine entsprechende Belastung des Gewölbes sorgen muß, dies sind wohl Dinge, welche sich von selbst ergeben.

3. Gewältigung der Firstenbrüche mit völligem Versturz des Tunnelprofiles.

Diejenigen Firstenbrüche, welche den aufgefahrenen Tunnelraum so weit verstürzen, daß man in den Bruchraum nicht mehr eindringen kann, sind sehr selten; kommen sie vor, so werden sie wie Tagebrüche gewältigt, und muß man, wenn man eine Strecke im Bruchschutte vorgedrungen ist, in der Art eines Aufbruches in die Höhe arbeiten, um erstens die Ausdehnung des unterirdischen Bruchraumes kennen zu lernen, um zweitens diejenige Decke der Schuttmasse bemessen zu können, welche über der Höhe der künftigen Tunnellinie sich befindet, und um drittens den Bruchraum thunlichst verfüllen zu können. Ist der Raum

dergestalt beschaffen und situirt, daß man ihn von unten auf nur schwierig versetzen kann, so hat man es auch schon versucht, Schächte oder schräge Stollen von der Oberfläche des Berges (vom Tage) aus nach dem Bruchraume zu treiben, um letztere auf diese Art verstürzen zu können. Zu diesem Vorgange ist indeß, wenn er anders absolut nicht zu vermeiden ist, im Allgemeinen nicht zu rathen, da das Ende des Schachtes oder Stollns, wenn man dem Bruchraume schon nahe ist, begreiflicher Weise sehr gefährlich durchzuarbeiten ist, und leicht neues Unglück entstehen kann. Das Versetzen des Bruchraumes von unten auf ist allerdings theuer, aber durchaus nicht so gefährlich, wie man vom ersten Augenblicke an zu glauben geneigt ist. Man darf das Versetzen freilich nicht so anfangen, daß man eine Partie Arbeiter in den Bruchraum hinauf schickt und sie daselbst die Steine, Faschinen 2c. nach Belieben vertheilen läßt, sondern man muß auch für die Sicherheit der hinaufgeschickten Leute in so fern sorgen, daß dieselben durch die Weise des Versetzens immer Stellen haben, wohin sie sich zurückziehen, und von denen aus sie gesichert das Versetzen besorgen können. Die Leute müssen sich nämlich aus dem hinaufgereichten Materiale zuerst einen, oder davon abzweigend mehrere Gänge bilden, diese Gänge (oder Laufgräben) oben gut mit Holz und darüber geworfenen Faschinen zudecken und, wo nöthig, den Gang, damit er nicht zusammengeschoben wird, auch verspreitzen. Von diesen sicheren Stellen aus besorgen sie den Versatz im Bruchraume, oder in einem Theile desselben bis zur Ganghöhe. Sodann wird rückwärts schreitend der Gang, soweit es wegen späterer Communication nöthig erscheint, mit Füllmaterial verstopft, und wenn dies geschehen ist, wird der zugedeckte Laufgraben an einer entsprechenden Stelle wieder aufgemacht, die Leute steigen über die Decke hinauf und versetzen nun eine zweite Etage auf der ersten, und so fort, bis der Bruchraum „zugesetzt" und die bis dahin offen gewesenen Gänge schlüßlich ebenfalls gänzlich versetzt sind. —

In der Regel sind aber selbst Firstbrüche, bei denen der Schuttkegel höher ist, als die unverletzt stehen gebliebene Tunnelausbruchshöhe, doch derart beschaffen, daß das Bruchende keine senkrecht aufsteigende Linie bildet. Ist die Abbruchlinie a c b in Fig. 39 aber eine geneigte, so fällt am Bruchende ebenfalls wenig Material herab und man kann meist in den Bruchraum hineinblicken und nach Wegarbeitung hindernder Steine 2c. fast immer so viel Platz schaffen, daß man durch das enge Loch hindurchschlüpfen und in den Bruchraum zu gelangen vermag. Man bindet, sobald dieser Zutritt möglich ist, Fackeln an lange Stangen, und verschafft sich durch weit hingeworfenes Leuchtfeuer eine Uebersicht der Beschaffenheit und Ausdehnung des Bruches, namentlich der Beschaffenheit der Decke oder Firste desselben.

Die Höhe des Schuttkegels über der künftigen Tunnellinie wird alsdann die Entscheidung fällen, ob man, wie bei einem Tagebruche, die Durchfahrung des Tunnelprofiles durch den Schuttkegel vornehmen kann, oder ob man die Oberfläche des Schuttkegels dürftig planirt, eine „Bruchabsperrung" darauf legt, und, wie wir es bereits kennen gelernt haben, unter dieser sicheren Decke (da sie mit Faschinen 2c. beladen wurde) den Vorgang in die Schuttmasse und, damit verknüpft, die Ausförderung der letzteren veranlaßt. Fängt man aber an, den Schuttkegel zu durchgraben, so ist es natürlich, daß er, weil man ihm den Fußpunkt nimmt, wie schon früher erwähnt, in Bewegung gelangt. Es ist daher Aufgabe, nicht allein die Bruchabsperrung (s. Fig. 40) mit der noch stehenden Zimmerung in bergzimmermännische Verbindung zu bringen, sondern diese Zimmerung gebührend zu verstärken und den Anfang der Durchfahrung ja nicht früher zu beginnen, bevor nicht ein entsprechender Versatz und eine völlig genügende Bockwand errichtet wurde. Man muß nämlich, wie nicht oft genug wiederholt werden kann, auf ganz plötzliche und gewaltsame Stöße gefaßt sein, rühren diese letzteren nun her von Nachstürzen im Bruchraume oder von plötzlichem Schurren der Schuttmasse; Letzteres ist so zu sagen in der Regel unvermeidlich, da die Beseitigung hervorstehender großer Felsstücke oder im Schutte eingeklemmter Hölzer solche Bewegung nur zu oft, trotz aller Vorsicht, veranlaßt. Es ist daher selbstverständlich, daß man Zeit und Mühe nicht sparen darf, um beim Eindringen in den Schuttkegel mit der allergrößten Vorsicht zu Werke zu gehen, und darf man es ja nicht versuchen, größere Felsstücke oder herausragende Hölzer mit einem Male aus dem Schutthaufen schaffen zu wollen — denn der gewaltsamen Bewegung bleibt doch noch genug übrig, da die aufeinander gestürzten Blöcke und Hölzer viele hohle Räume bilden, die beim Beseitigen einzelner, stemmender Steine oder Hölzer sich durch die nachrutschenden Massen verfüllen. Sind Rutschungen gefährlich und diese hohlen Sturzräume bedenklich oder erheblich groß, so thut man wohl daran, wenn man Holzklötze in diese Zwischenräume hineinpfercht, durch diese Verspundung den Hohlraum vernichtet und demnach gewaltsamem Niedergehen höherer Massen damit vorbeugt.

4. Gewältigung von Tagebrüchen.

Tagebrüche lockern das Gebirge, wie schon erwähnt, bis zur Oberfläche des Berges auf. Ist zu Tage gar ein Trichter entstanden, so erhellt, daß die Sturzgewalt sehr bedeutend sein mußte. In der Regel ist dann auch alle vorhanden gewesene Zimmerung zusammengebrochen und erstreckt sich die Bruchlänge meist bis zum bereits geschlossenen

Gewölbe*) (s. Fig. 26). Der Schuttkegel reicht alsdann auch in den Tunnelraum des geschlossenen Gewölbes herein, ja es kann vorkommen, daß durch die Gewalt des Stoßes auch bereits geschlossenes Gewölbe beschädigt ist.

Die erste Arbeit, welche man bei einem Tagebruche vorzunehmen hat, ist: daß man einen Versatz, resp. Verstärkung der Zimmerung (sofern letztere noch vorhanden ist) einbaut. Unter geschlossenem Gewölbe stellt man den Versatz durch dicht nebeneinander aufgestellte Lehrbögen her. Während des Baues des Versatzes wendet man zugleich der Oberfläche des Berges seine Aufmerksamkeit zu, indem man den entstandenen Trichter mit Steinen, Sand, Kies oder Faschinen verfüllt, entstandene Risse verstopft und Veranstaltungen trifft, daß die Tagewasser von der Bruchstelle sorgfältig abgeleitet werden. Sind diese Vorbereitungen geschehen, so stellt man eine oder mehrere Bockwände, als Stützpunkte für die Durchfahruug des Schuttkegels, her. (Die Figuren 20, 21, 22, 23b auf Taf. 16, und 26, 27 auf Taf. 17—18 geben Beispiele solcher „Bockwände.")

Nun gräbt man die Böschung des Schuttkegels aus und kann je nach Umständen damit auf zweierlei Art verfahren. Entweder macht man, wie es bei der Bruchgewältigung im Tunnel Nr. V. der Karstbahn der Fall war, und wie Figur 22 zeigt, in die Böschung des Schuttkegels Stufen, verspreizt die „Brüste" der Stufen gegen die „Bockwände" und nimmt Anlaß, den Schuttkegel in Etagen zu durchfahren; oder man gräbt, wie es bei der Gewältigung des Bruches im Wolfsberg-Tunnel der Semmeringbahn der Fall war, die Schuttböschung in mehreren Abschnitten gänzlich ab. In Figur 26 ist durch die punktirten Linien angedeutet, wie die Böschung **nfm** der Schuttmasse zuerst durch die Abgrabung **fi**, dann durch die fernere **gk**, endlich durch eine letzte **hl** beim Wolfsberg-Tunnel gänzlich beseitigt wurde und schlüßlich die Wand des vollen Tunnelprofiles dastand.

In diesem letzteren Falle ist es dann auch nöthig, daß an Stelle der Schuttböschung durch Aufstellung mehrerer Bockwände, Fig. 26 und 27 eine ganz zusammenhängende Holzconstruction: „ein Bock" errichtet werde, welcher als Haupt-Widerstandsgerüst zu der Durchfahrung der Bruchmasse zu dienen hat. Die eigentlichen Durchfahrungsarbeiten werden nun damit begonnen, daß man hinter den Brusthölzern **xxx**... in Fig. 26 (welche Hölzer quer über der Brust liegen und mit ihren Enden sich an die Hinterwand der Mauerung lehnen, resp. in die Mauer eingelassen sind) eine nur wenige Fuß dicke Scheibe in der Schuttmasse herabgräbt. In diesen dünnen Raum wird das sogenannte „Ansteckegespärre" eingebaut. Dasselbe dient dazu, um die Getriebepfähle für die fernere Durchfahrung anstecken zu können. Fig. 25 stellt (ohne begreiflich als Norm dienen zu sollen) ein solches Ansteckegespärre von der Bruchgewältigung im Wolfsberg-Tunnel dar, wie es dem dortigen Zimmerungssysteme (siehe Fig. 28) entsprach.

Ist das Ansteckegespärre, welches sich gegen die Mauer und gegen den Bock lehnt, einmal aufgestellt, so beginnt die Durchfahrung der Schuttmasse in der gewöhnlichen Weise, wie man rolliges Material im Tunnelbaue mit der größten Vorsicht überhaupt bewältigen muß.

Oertliche Verhältnisse werden entscheiden, ob man die Bruchgewältigung nicht auch von dem entgegengesetzten Bruchende aus in Angriff nimmt, und ob es nöthig oder wünschenswerth ist, beide Bruchenden mit einem provisorischen Stolln zu verbinden.

Nach erfolgter theilweiser Durchfahrung des Bruchschuttes beginnt die Mauerung nach bekannten Principien, und ist daran festzuhalten, daß nur kurze Längen aufgeschlossen werden dürfen und dieselben sofort unterwölbt werden müssen.

Auch muß das unter die Bruchlänge zu liegen kommende Gewölbe auf das Sorgfältigste gegen Wasserdurchsickerung geschützt werden und ist hier die Gelegenheit zu der Bemerkung, daß diese Vorsicht, wiewohl bei Tunnelbauten im Allgemeinen und bei allen Brüchen besonders nöthig, bei Tagebrüchen ihre größte Berechtigung erlangt, indem die bis zu Tage reichende Gebirgsauflockerung die atmosphärischen Niederschläge in erheblicher Weise aufnimmt und bis zum Mauerwerke leitet. Man schützt die Oberfläche des Gewölbes also durch eine entsprechende Cementlage oder durch die Einstampfung von Beton zwischen die Gewölbsoberfläche und die stehen bleibende Verpfählung. —

Daß man schlüßlich den Tagetrichter oder die „Pinge" wiederholt nachfüllen und stetig entwässern muß, ist selbstverständlich. Bei sehr argem Wasserzudrange kann man auch eine drainförmige Wasserableitung durch das Tunnelmauerwerk hindurch, bis in den Canal des Tunnels, vornehmen.

5. Gewältigung des völligen Bruches der Mauerung.

Stürzt aus diesem oder jenem Grunde das vollendete Mauerwerk eines Tunnels völlig ein, so muß die Gewältigung ganz in der Weise eines Tagebruches erfolgen.

6. Gewältigung des gewöhnlichen Zusammenganges einer Ausmauerung.

Wie wir schon oben bemerkten, besteht ein gewöhnlicher Zusammengang, wenn man sonstige, gewöhnliche, buckelförmige Gewölbsverdrückungen ausnimmt, in einer Profil-

*) Selbstredend treten (s. Fig. 28) auch so gewaltsame Firstbrüche auf, daß sie bis zum geschlossenen Gewölbe reichen.

verengung, welche sich durch das Hereinschieben der Widerlager bemerkbar macht. Es entsteht demnach die Aufgabe, sobald nur eine solche Bewegung merkbar wird, ihr alsogleich auf das Kräftigste entgegenzutreten — denn es ist klar, daß diese Bewegung, wenn sie einmal in Gang gekommen und nicht behindert wird, leicht so bedeutend vorschreiten kann, daß das Aeußerste zu befürchten steht. Namentlich hat man sich in jenen Gebirgsarten sehr zu hüten, welche blähende Beschaffenheit haben, welche sogar die Sohle des Baues in die Höhe pressen, und welche allerdings langsam beginnend, schlüßlich doch Kräfte äußern, die der menschlichen Gewalt spotten.

Bei einem Zusammengange der Widerlager wird es sich also darum handeln, entweder ungenügendes, bereits eingefügtes Sohlengewölbe sofort durch entsprechenderes zu ersetzen, oder Sohlengewölbe sofort einzuspannen, sobald die Verschiebung der Widerlager deswegen stattfindet, weil überhaupt noch gar kein Sohlengewölbe vorhanden ist.

Das Einspannen des Sohlengewölbes ist allerdings an und für sich keine schwierige Arbeit, aber eine solche, welche ungemeine Vorsicht erheischt; denn der für die Spannung des Sohlengewölbes nöthige Raum liegt tiefer als die Fundamente der Widerlager. Letztere können also nach geschehener Abgrabung des Sohlengewölbsraumes sehr leicht in's Rutschen kommen und, wenn sie schon in Bewegung sind, um so leichter dieselbe fortsetzen.

Es erfolgen demnach zwei Hauptgrundregeln für die Gewältigung einer Verengerung, resp. für das Einspannen des Sohlengewölbes, nämlich die, daß erstens nur sehr kurze Gewölbsgurte eingespannt werden dürfen, und zweitens, daß vor Ausgrabung des Sohlengewölbsraumes die Widerlager tüchtig abgespreizt und in bedrohlichen Fällen auch die Lehrbögen unter dem oberen Gewölbe so lange stehen bleiben müssen, bis der Schlußstein der betreffenden Sohlengewölbsgurte eingefügt ist. Ueber die Art und Weise der Verspreizung der Widerlager giebt Fig. 23b, Taf. 16, einen Anhaltspunkt und ist es selbstredend, daß solche Verspreizung je nach den localen Verhältnissen verstärkt werden muß.

7. Gewältigung außergewöhnlichen Zusammenganges einer Mauerung.

a. Nimmt der gewöhnliche Zusammengang einen Charakter an, welcher schließen läßt, daß ein bedeutender Zusammengang, vielleicht gar ein gänzlicher Bruch erwartet werden muß, so ist es nöthig, die verdrückte Partie einer gänzlichen Auswechselung zu unterwerfen und damit durchaus nicht zu zögern. Man muß alsdann sofort eine genügende Anzahl Lehrbögen und die entsprechende Verspreizung anbringen, das Gewölbe, vielleicht auch die ganze Mauerung abtragen und neue Wölbung einfügen. In diesem Falle benutzt man die eingestellten Lehrbögen zur Tragung der nöthigen Auszimmerug für den Auswölberaum, stellt für die Neumauerung neue Lehrbögen zwischen die alten, oder giebt den alten durch Aufschichtung von Hölzern die nöthige neue Form und nimmt die Auswölbung in bekannter Weise vor.

b. Mitunter kann es vorkommen, daß der Druck das Bauprofil in einer Weise verengt, wonach der Raum für zwei Geleise allerdings verloren gegangen ist, die Bewegung des Mauerwerkes aber so weit nachgelassen hat, daß die Betriebseröffnung des Tunnels zwar möglich ist, aber bis zur völligen Reconstruction eine Holzverspreizung eingebaut bleiben soll, durch welche die Eisenbahnzüge passiren können. Ein solcher Fall liegt im Triebitzer Tunnel vor, dessen Holzausbau den Betriebsverkehr gestattet. Dieser Ausbau ist in Figur 41 (Tafel 17 — 18) wiedergegeben, ohne daß derselbe als Norm für ähnliche Fälle aufgestellt werden soll.

c. Oft sind Reconstructions- oder Auswechselungsarbeiten der Wölbung während des Betriebes nöthig. Unter Anderem kam dieser Fall bei mehreren Tunneln der Semmeringbahn und beim Tunnel nächst Burgdorf*) vor. In solchem Falle handelt es sich um ein Bockgestelle, welches so geräumig construirt ist, daß die Bahnzüge hindurchpassiren können. Es empfiehlt sich deshalb die Unterstellung entweder einer Lehrbogenconstruction mit höher liegender Schwelle (s. Fig. 42), als die Höhe des Schornsteines der Maschine oder der höchsten Wagentheile beträgt — oder Bohlenbögen, auch Eisenbögen. Auf diese Bögen gestützt werden die Auswechselungsarbeiten in der Weise vorgenommen, daß man in kurzen Längenpartien die Mauerung herausbricht, das Gebirge nachnimmt, es auf's Neue entweder auf die Lehrbögen oder durch Kronbalken auf die nahen, noch stehenden Gewölbsenden bölzt, und die Neumauerung nunmehr entweder über den alten Bögen durch Auflage von Schifthölzern oder stärkeren Schaallatten, oder über neuen, zwischen die ersten Bockgestelle gebrachten Lehrbögen aufführt. Mitunter wird auch durch einfache Unterfahrung ausgewechselt, indem man die schadhaften Steine einzelweise ausstemmt und den neuen Stein in entsprechender Lage einfügt, also dergestalt nach und nach die Reconstruction durchführt. Die erstere Manier ist für ausgedehnte Reparaturen unbedingt empfehlenswerther, und lassen sich, statt der hölzernen Kronbalken oder Streichbäume, beim Aufschlusse geringer Reconstructionslängen mit großem Vortheile alte Bahnschienen verwerthen.

d. Ist man aus diesen oder jenen Gründen nicht im Stande gewesen, die Verschiebungen eines Mauerwerkes schon im Beginne zu hemmen, und hat vielmehr ein bedeu-

*) Der Bau des Hauensteintunnels von Kaufmann u. Pressel, Basel 1860.

tender Zusammengang stattgefunden, welcher sich durch Knickung der Gewölbslinie markirt, und welcher, bei dem höchsten Grade vor völligem Zusammensturze angelangt, unbedingt mit Emporquellung der Sohle in Verbindung stehen muß, so besteht die Gewältigungsarbeit in dem raschen Herstellen eines Versatzes zur Abwehr weiterer Beschädigung, in dem schleunigsten Einbaue einer Zimmerung, die den weiteren „Verbruch" und den völligen Zusammensturz zu hindern hat, in dem Wegbruche des verdrückten Mauerwerkes und dem Einbaue der neuen Bölzung; in dem Einstellen der neuen Lehrbögen und schlüßlich in dem Einfügen der neuen Wölbung, die aber, sofern solches nöthig, mit dem Sohlengewölbe begonnen werden muß.

α) Versatz.

Es ist selbstredend, daß die Erscheinung eines außergewöhnlichen Zusammenganges der Ausdruck einer Bewegung eines großen Theiles des ganzen Tunnelberges ist, also der Stoß des Gebirges ein ganz furchtbarer sein muß. Der Versatz ist daher zum Entgegentreten des Weiterreißens des Bruches die allererste Nothwendigkeit und zwar muß er rasch, so rasch als möglich, aufgebaut werden. Auf complicirte Holzconstructionen kann man sich dabei gar nicht einlassen; ehe diese abgebunden und aufgestellt wären, würde schon der Bau über dem Haufen liegen — denn in solchen Fällen ist ja die Bewegung so rasch, daß, ehe die Bergleute einen Stempel auf die gemessene Länge abgeschnitten haben, er wegen der unterdeß vorgeschrittenen Bewegung schon wieder zu lang ist, bevor er hingestellt werden konnte. Unter solchen Umständen kann der Versatz nur aus zwei Dingen bestehen, nämlich entweder aus einer rasch aufgeführten Steinmauer, oder aus schleunigst hingeworfenen Hölzern, die der Länge nach aufeinander gelegt, den Raum buchstäblich verspunden. Beide Versatzformen wurden beim Czernitzer Tunnel*) angewendet.

β) Unterbauung der Bruchstelle.

Die Unterbauung eines so arg verdrückten Mauerwerkes, dessen gänzlicher Sturz jeden Moment erwartet werden muß, und welches immer noch so viel Bewegung hat, daß Steine ausbröckelnd herabfallen, gehört unbedingt zu den gefährlichsten Arbeiten, welche dem Bergmanne vorkommen können. Es kann die Unterbauung also auch nur Stück um Stück vorwärtsschreiten, um eben so viel Baulänge als möglich vor dem gänzlichen Zusammensturze zu retten; auch ist es Aufgabe, eine Zimmerung zu benutzen: die fest, unverschiebbar (also mit kräftigem Längenverbande versehen) und rasch aufstellbar ist. Die Figuren 23 b und 43 geben über solche Zimmerung Anhaltspunkte; letztere rührt vom Czernitzer Tunnel her, welcher durch solchen schleunigen Einbau vor dem gänzlichen Zusammensturze trotz der colossalsten Gewölbsverdrückung verwahrt blieb.

*) Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Jahrg. 1857.

γ) Wegbruch des alten Mauerwerkes und Einbau der Bölzung.

Ist die Bruchstelle einmal unterbaut, so ist die Ausbrechung des alten beschädigten Mauerwerkes und die Einfügung der Bölzung eine zwar mühsame, aber einfache Sache, die sich von den Abtreibearbeiten in schwierigen Tunnelpartien kaum unterscheidet, die aber ebenso große Vorsicht erfordert. Am einfachsten ist es, kurze Mauerwerkslängen auszubrechen und auf die stehengebliebenen Wölbepartien Kronbalken oder alte Bahnschienen aufzulegen und so die neue Firste durch die zwei angrenzenden Gewölbsstücke zu halten, von denen das eine ja kräftig unterbaut, das andere aber reconstruirt worden ist.*) Wie bereits erwähnt, nimmt man nur eine Einspannung kurzer Gurte vor und entfernt die früher nach Bedürfniß und rasch, also jedenfalls für die fernere neue Mauerung sehr hindernd gewordene alte Unterbauung, und stellt statt dieser (auf die kurze Gurtlänge) neue Bögen auf.

δ) Aufstellung der neuen Lehrbögen (Bockgestelle).

Die Construction dieser Bögen hat eine solche zu sein, daß sie allseitig ankommendem Drucke entsprechen.

ε) Einfügung der neuen Wölbung.

Dieselbe beginnt, wie erwähnt, mit dem Sohlengewölbe und bietet gegen die gewöhnliche Tunnelwölbung keinen Unterschied. Ist die Bruchlänge bedeutend, so kann, aber immer in kurzen Gurtlängen, das bisher beschriebene Verfahren der Reconstruction an verschiedenen, genügend weit untereinander entfernten Stellen zugleich betrieben werden.**)

IV. Kosten der Gewältigung von Brüchen.

Es wird nicht ohne Interesse sein, einige summarische Angaben über die durch entstandene Brüche veranlaßten Kosten zu machen, da solche Ziffern am besten übersehen lassen, wie unliebsam Brüche überhaupt auch in finanzieller Beziehung sein müssen.

*) Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Jahrg. 1857.

**) In der Erbkam'schen Bauzeitung sind die Reconstructionsarbeiten des bloß für ein Geleise hergerichteten Czernitzer Tunnels von Herrn Director Simon näher beschrieben.

Tabelle über die Gewältigungskosten einiger Brüche*).

Nr.	Tunnel.	Der ganze Tunnel kostete:	Bruchlänge in Fußen (rund):	Der gesammte Bruch kostete:	In % der Bausumme des ganzen Tunnels, betragen demnach d. Bruchkosten (rund):	Ein laufender Fuß Bruch zu gewältigen kostete also (rund):
1	Weberkogel	784696 österr. Gulden.	—	60659 österr. Gulden.	7%	—
2	Wolfsberg	810877 „ „	48	50081 „ „	6%	695 Thaler.
3	Klamm	254373 „ „	30	12378 „ „	5%	274 „
4	Lippoglau	148566 „ „	—	1485 „ „	1%	—
5	Nr. V. am Karst	576048 „ „	78	55750 „ „	10%	476 „
6	Nr. VI. „ „	761553 „ „	42	18081 „ „	2%	287 „
7	Welschenenneft	— —	96	15116 Thaler } annähernd.	—	157 Thlr. ca.
8	Lioran	797116 Thaler.	?	24881 „	$8^1/_2$%	?

Was Detailkosten betrifft, so kostete:

1 laufender Fuß Bruch zu gewältigen im Welschenennester Tunnel an Bergmannslöhnen 46 Thlr. —

1 lauf. Fuß Bruch zu gewältigen im Stortel-Husberger Tunnel **) an Bergmanns- und Schlepperlöhnen, Faschinenankauf und Beschaffung der Klammern und sonstigen Eisentheile . . . . 62 „ —

1 preuß. Cubikfuß Schuttmasse beim Bruche im Welschenennester Tunnel zu durchfahren, die Zimmerung dabei aufzustellen, einschließlich des Versetzens des hohlen Bruchraumes circa . . . . — 3 Sgr.

Es waren ferner

auf 100 Cubikfuß herabgestürzte Bruchmasse in letzterem Tunnel einzubauen nöthig:

26,6 Cubikfuß Rundholz,
39,1 Quadratfuß 2″ starke Bohlen, also total
33,1 Cubikfuß Holzmasse; dann noch
62,2 Cubikfuß Faschinen, oder total
95,3 Cubikfuß Holzwerk (incl. Faschinen).

V. Beleuchtung meines Tunnelbausystemes hinsichtlich dessen Sicherheit gegen Brüche.

Wenn ich mir erlaube, am Schlusse der gegenwärtigen Skizze noch einige Worte über das von mir erfundene System: „Tunnel und bergmännische Stölln mit Eisen auszubauen“ zu bemerken, so geschieht dies lediglich deshalb, weil sich bei Besprechung von Brüchen im Tunnelbaue eine Gelegenheit bietet, die große Sicherheit meines Systemes betonen zu können, und weil gerade das leider so häufige Vorkommen von Brüchen im Tunnelbaue eines der Anregungsmomente war, um mich mit der Aufstellung einer neuen, sicheren Methode zu beschäftigen. —

Ich beehre mich, beim geneigten Leser die Kenntniß meines Systemes*) vorauszusetzen.

Abstrahirt von ganz untergeordneten, nicht der Rede werthen, kleinen Unfällen, welche vorwiegend durch die Ungeschicklichkeit oder Unerfahrenheit des Arbeiters in jedem unterirdischen Baue, also bei jedem Systeme vorkommen können; abstrahirt von Sohlenniederstürzen, gegen welche kein System vollständig schützt**), und abstrahirt von Fehlern bei der eigentlichen Maueraufführung, beim Construiren des Wölbeprofiles, bei der Wahl der Wölbestärke und des Materiales, Fehler, gegen welche ebenfalls kein System schützen kann: benimmt mein System so ziemlich allen übrigen Bruchursachen die Berechtigung für Brüche oder Einstürze.

Wir wollen deshalb diese Bruchursachen nochmals in Kürze besprechen.

*) Pos. 1 bis 6: A. Lorenz, prakt. Tunnelbau, Wien 1860; Pos. 7: Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, 1860; Pos. 8: Crelle's Journal für die Baukunst, 1850.

**) Siehe: Freiberger Civilingenieur, Jahrgang X, S. 86.

*) Die neue Tunnelbaumethode des F. Ržiha, Berlin, Ernst & Korn, 1864; Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, 1863; Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen, 1864; Bericht über die XIV. Versammlung deutscher Architekten und Ingenieure, Wien 1865.

**) Mein System müßte in solchem Falle jedoch mehr schützen, als jedes der bekannten Holzbausysteme, da der eiserne Bogen ringsum zusammenhängt — also Niedersturz nur möglich wäre, wenn die ganze Breite der Tunnelsohle mit einem Male durchbräche!?

1. Gefahrdrohender innerer Bau des Gebirges.

Einstürze, welche den inneren Bau des Gebirges zwar zur anfänglichen Ursache haben, erfolgen doch deshalb, weil

a) entweder die Zimmerung dem Ausbruche nicht sofort folgte,

b) die vorbauenden Theile der Zimmerung nicht die nöthige sichere Unterstützung abgaben,

c) die Festigkeit des Holzes nicht ausreichte, weil

d) die unterbaute vollendete Zimmerung verschoben und deshalb umgestürzt werden konnte, oder weil

e) das Zimmerungssystem für die Auffahrung im rolligen oder schwimmenden Gebirge nicht die nöthigen technischen Eigenschaften hatte.

Diese sämmtlichen Ursachen können beim Gebrauche meines Systemes nicht zur Wirkung gelangen: denn das System folgt dem Ausbruche auf dem Fuße; die vorbauenden Theile beschränken sich auf sehr kurze Längen und haben diese Theile rückwärts definitive, unverschiebbare Unterstützung durch die letzte Aufstellung des sogenannten „Tunnelrahmens", nach vorne aber das durch die Brustbölzung unverrückbar festgehaltene Brustgebirge zur Unterlage; die Tunnelrahmen können beliebigen Eisenquerschnitt erhalten oder durch dichtere Stellung jeden möglichen Druck gewältigen; die vollendete Ausbauung kann durch keinen im technischen Bereiche hier möglichen Druck umgeworfen werden — da sich die Bogenconstruction weder im Querprofile, noch die Bogenreihe, weil untereinander zu einem kräftigen, große Basis habenden Gerüste oder Bocke verbunden, zu verschieben im Stande ist; und der Tunnelrahmen erfüllt, wie keines der bis jetzt bekannten Bausysteme, die technischen Nothwendigkeiten zur Durchfahrung von schwimmendem oder rolligem Gebirge.

2. Einwirkung des Wassers.

Die jedem Holzbaue deshalb so gefährlichen Gebirgsausspülungen durch Wasser, weil sie hinter den Wandungen der Bölzung hohle Räume erzeugen und so einseitigen Druck, also Lösung der Verspannung und dadurch Verschiebung oder gar Umsturz der Zimmerung herbeiführen können — sind nicht im Stande, einen aus mehreren untereinander zu einem starren, unverrückbaren Ganzen constructiv zusammengekuppelten Tunnelausbauapparat umzustürzen, und ist diese Sicherheit gegen Verschiebung bei meinem Systeme vollständig gewahrt. Kleine Ausspülungen des Gebirges, welche bei Holzbauten so oft das Umklappen der Brustverpfählung herbeiführen und nicht selten größere Brüche veranlassen, sind bei meinem System fast gänzlich gefahrlos, da die Construction des Apparates für die Abbölzung des Bruststoßes und für den Vorgang des Abbaues eine solche ist, daß jede einzelne Brustbohle*) unabhängig von der anderen vom Eisenapparate aus ihre Stützung findet, und durch höchst einfache, bei keinem Holzausbaue anbringbare Vorrichtungen vor dem Umklappen gewahrt werden kann.

3. Bruchursachen, welche beim Beginne des Baues zur Geltung kommen.

Wir haben gesehen, daß selbst Holzbaumethoden diese Bruchursachen umgehen können, um wie viel mehr muß dies ein eiserner, aus mehreren zusammengekuppelten Rahmen bestehender Apparat, ein starres Eisengerüst thun, welches eine definitive unverschiebbare, und nicht weiter comprimirbare Unterbauung durchführt, also weitere Gebirgslockerung total vermeidet, und welches wegen seiner Basis, wegen seiner Starrheit nicht umgekippt zu werden vermag.

Es werden bei einem Tunnelbaue durch locale Umstände und durch den Gebirgsbau kaum gefährlichere Verhältnisse für den Beginn der Mundlocharbeiten eintreten, wie solches beim nördlichen Mundloche des mit meinem Systeme erbauten Tunnels bei Ippensen der Fall war. Die Kopfböschung des aus anderweitigen, triftigen Gründen völlig ausgegrabenen Voreinschnittes war sehr steil, die Schichten fielen, wie Fig. 11, Taf. 15, näher verdeutlicht, in den Tunnelberg hinein, das Gebirge bestand theils aus ganz bröckligen Mergeln, theils aus Schichten ganz weichen Thones der Liasformation; der Wasserandrang war bedeutend. Beim Beginne des Baues wurde der Eisenapparat vor der steilen Wand aufgestellt, mit Bohlen und Gestein bedeckt und das Getriebe in Gang gebracht. Trotzdem die Arbeit sehr vorsichtig ausgeführt wurde, brachen sofort beim Arbeitsbeginne mit einem Male die untersten Schichten aus, die oberen stürzten sogleich nach und die Kopfböschung war schlüßlich auf bedeutende Höhe negativ, d. h. im Sinne der Schichten ab, cd (Fig. 11) überhängend.

Es war unter diesen während einiger Stunden und ganz plötzlich eingetretenen Umständen nicht anders zu erwarten, als daß der überhängende Theil der Kopfböschung abreißen und niederstürzen würde, und trat dies Ereigniß auch sofort ein, bevor noch die Schutzmaßregeln durchgeführt werden konnten. Trotz den gewaltigen Schlägen der stürzenden großen Gebirgsmassen und des damit verknüpften Gebirgsschubes wurde jedoch der Eisenapparat nicht im Mindesten alterirt und konnte im Innern des Apparates immer ruhig weiter gearbeitet werden, wiewohl der Versturz der Kopfböschung localer Verhältnisse und wegen der Kürze der Zeit nicht hinantangehalten werden konnte, also der Berg immer „arbeitete." Die

*) „Zumachebrett."

Unterfahrungsarbeit gelang ohne jeglichen Unfall des Baubetriebes und ohne jeglichen sonstigen Schaden.

4. Fehlerhafte Construction der Zimmerung oder Unterbauung.

Alle aus der fehlerhaften Construction einer Holzunterbauung, eines Holzbausystemes entspringenden Ursachen eines Einsturzes sind mit meiner Baumethode vollständig beseitigt; denn ein nach der Theorie der Gewölbe construirter Tunnelrahmen ist offenbar die zweckmäßigste Form der Unterbauung. Sind die Theile eines solchen bogenförmigen Rahmens genügend fest untereinander verbunden, sind mehrere solcher Rahmen zu einem festen Gerüste oder Tunnelbau-Apparate vereinigt, besteht das Material aus unbeugsamem Stoffe, hier aus Eisen, und wählt man die entsprechenden Dimensionen: so sind alle Bedingungen erfüllt, daß jede Verschiebung, jede Verdrückung und jedes Zerbrechen hintangehalten wird.

Es bietet sich hier Gelegenheit zu der Bemerkung, daß meine Methode, weil sie scheibenförmig das ganze Tunnelprofil abbaut, eine große Fläche im Bruststoße aufweist, und dergestalt die Frage aufgeworfen werden kann, ob der durch eine so große Fläche bedingte Brustdruck nicht zu mächtig sei. Bei Holzbaumethoden kann die Aufschließung einer so großen Druckfläche unbedingt nicht befürwortet werden, weil Holz ein nachgiebiges Stützmaterial ist, und weil in den betreffenden Holzbaumethoden die Widerstandspunkte für Abwehr des Brustdruckes entweder in ungenügender Anzahl vorhanden sind, oder insofern gänzlich fehlen, als sie nicht fest sind.

Bei meinem Bausysteme ist aber beides nicht der Fall. Die in der Ebene des Tunnelrahmens angebrachten Eisentheile bieten genügende Anzahl von Stützpunkten und feste, unverrückbare Stützstellen. Diese Eisentheile können steif und fest genug construirt, und es können dieselben auch über alle einzelnen Tunnelrahmen reichend, untereinander verbunden werden, so daß ein in allen Theilen zusammengekuppelter Apparat entsteht, der sich sowohl im Ganzen, wie in der Anordnung einzelner Theile unter sehr schwierigen Verhältnissen bereits vollständig bewährt hat.

5. Mangelhafte Ausführung der Bölzung.

Durch die Verwendung des Eisens, genügenden Rippenquerschnitt und unverschiebbare Bogenform, durch den Ausfall verlorener Zimmerung, durch das stets gleichartige Vorschreiten der Arbeit, endlich durch das Einhalten stets gleicher Maaße und chablonenmäßiger Arbeit vermeidet die neu aufgestellte Construction alle jenen Ursachen, welche, hierher gehörig, bei den Holzbausystemen so häufig Brüche veranlassen. Namentlich ist man durch Benutzung der Eisenconstruction allen jenen Fehlern, Ungeschicklichkeiten und Unachtsamkeiten des einzelnen Arbeiters nicht mehr ausgesetzt, welche beim Holzausbaue so oft vorkommen, und welche eine Größe der Abhängigkeit vom Arbeiter repräsentiren, die unbedingt ihre großen Nachtheile haben muß.

6. Unvorsichtiges Auswechseln.

Die so häufigen und alsdann so ausgedehnten Brüche, welche bei Verwendung von Holzconstructionen durch die Auswechselarbeiten veranlaßt werden, sind beim Gebrauche meines Systemes völlig vermieden, da der Auswechselrahmen oder die Auswechselschraube nicht mehr und nicht weniger als den gerade nöthigen Raum öffnet, und da durch diese Freimachung nicht im Geringsten die Spannung der gesammten Construction beeinflußt wird.

7. Unzweckmäßiger Gebirgs-Aushieb.

Bei der von mir eingeführten Tunnelbaumethode ist die Länge des vorbauenden Theiles eine äußerst geringe, und kann demnach schon der Druck nicht sehr zur Geltung kommen. Was aber das Auftreten großen Druckes selbst in sehr druckfähigem Gebirge total verhindert, ist einfach die definitive Unterbauung mittelst eines Materiales, welches uncomprimirbar, und mittelst einer Construction, welche nicht zusammenschiebbar ist. Da demnach die Eisenconstruction in jeder Hinsicht ein starres Ganze ist, so sind auch alle jene Gebirgslockerungen umgangen, welche, einmal aufgetreten, immer mehr und mehr anwachsen und oft schlüßlich Dimensionen annehmen, die menschliche Kraft nicht mehr zu hemmen vermag.

8. Erhöhte Sicherheit wegen Vereinfachung der Arbeiten.

Es ist selbstredend, daß bergmännische Arbeiten von desto größerer Sicherheit begleitet sein müssen, je einfacher sie sind. Da nun das in Rede stehende System die Arbeiten des gesammten Ausbaues bedeutend reducirt und die Durchführung des Eisenausbaues so zu sagen chablonenmäßig wird, so kann kein Zweifel unterliegen, daß hierdurch die Sicherheit im Tunnelbaue wesentlich gehoben ist.

Die Ausführung des 3080 br. Fuß langen Tunnels bei Naensen und des 750 br. Fuß langen Tunnels bei Ippensen hat auch die hohe Sicherheit der neuen Baumethode in der That glänzend bewiesen, indem ohne jeglichen bemerkenswerthen Unfall beide Tunnels in verhältnißmäßig sehr kurzer Zeit ausgeführt wurden, wiewohl die durchfahrenen Gebirgsarten (größtentheils weicher plastischer Keuper und Liasmergel, partienweise schwim-

mendes und rölliges Gebirge, auf eine kurze Länge brüchiger, aber stellenweise zu schießender Muschelkalk) vorwiegend gefährlich waren, und bei der niederen Terrainhöhe und dem ganz enormen Wasserandrange eine Durchführung dieser Tunnelbauten in Holzausbau mit zu den schwierigsten gehört haben würden, welche in Deutschland überhaupt vorgekommen sind. Im Raenser Tunnel war an einzelnen Stellen die Sohle so weich, daß das schwimmende Gebirge durch die Fugen der Sohlenabdeckung stetig durchquoll und der mit Eisenbahnschienen ausgerüstete Sohlenstolln*) bis zu 2 und 3 Fuß tief in den „Schmand" eingedrückt wurde. —

Die Erfahrung hat namentlich dargethan, daß durch die Benutzung des Eisenausbaues Druckerscheinungen so zu sagen gänzlich verloren gegangen sind. Da mittelst der Bogenform und der Benutzung des Eisens der Bau ebenso haltbar wie mit Mauerwerk gestützt ist, und diese Unterstützung dem Aushiebe auf dem Fuße folgt, so kann, wie es auch die Erfahrung gelehrt hat, eine Gebirgslockerung in großem Maaße gar nicht aufkommen und hat man in diesem sonst so ungemein druckfähigen Gebirge von eigentlichen Druckerscheinungen, wie wir sie im Tunnelbau bislang gewohnt waren, und wie sie einen wesentlichen Reiz des Tunnelbaues bisher bildeten, kaum etwas wahrgenommen.

Diese Thatsache kennzeichnete sich namentlich durch den Umstand, daß die Pfandkeile (die beim Holzausbaue in druckreichem Gebirge sofort zusammengequetscht werden) in der Eisenconstruction kaum „anbissen", und daß an jenen Stellen, wo vom Sohlenstolln aus 10 bis 18 Fuß lange Aufbrüche gemacht, und dieselben in Holz ausgebaut wurden, um die ersten eisernen Tunnelrahmen stellen zu können, die Gebirgsrisse bis zu Tage traten und Eisenkungen (Pingen) stattfanden, dieselben aber beim Beginne der Eisenconstruction sofort aufhörten.

Die von mir aufgestellte Methode ist auch im Bergbaue schon anerkannt und wie im „Organe für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Jahrgang 1863" bereits veröffentlicht wurde, beim bergmännischen Stollnbau ebenfalls, und zwar beim Harzer Bergbaue schon angewendet worden. —

*) Zum Ausbaue von Stölln wurden alte Eisenbahnschienen von mir im Raenser Tunnel 1861 meines Wissens zuerst angewendet und findet derartige Ausrüstung seitdem im Bergbaue, namentlich am Harze und in Sachsen große Verbreitung (s. „Freiberger Jahrbuch, 1866" und „Berg- u. hüttenm. Zeitung, 1866").

Wenn ich durch vorliegende Skizze so glücklich wäre, der Vorsicht im Tunnelbaue eine neue Anregung gegeben zu haben, so daß die Anzahl der Brüche sich in Etwas verminderte, so wäre der Zweck der Niederschreibung dieses Aufsatzes völlig erreicht.

Greene, im Mai 1866.

Hick's Versuche über die Reibung der Liederungskränze bei hydraulischen Pressen.

(Hierzu Tafel 19.)

Man vermißt schon längst zuverlässige Versuche über das Verhältniß zwischen dem Bruttodruck, welchen die Flüssigkeit in einer hydraulischen Presse ausübt, und der nützlichen Pressung, welche der Kraftkolben überträgt. Die einzigen bekannt gewordenen Angaben über diesen Gegenstand sind diejenigen des Dr. Rankine, welcher nach Anhalten der mit den Herren More angestellten Versuche anführt, „daß die Reibung zwischen dem Plungerkolben und seinem Liederungskranze ungefähr 10 Procent von dem ganzen, vom Wasser auf den Kolben ausgeübten Drucke, nämlich zwischen $\frac{1}{9}$ und $\frac{1}{11}$ dieses Druckes, zu betragen scheine."

Abgesehen davon, daß aller Wahrscheinlichkeit nach die Reibung der Plungerkolben hydraulischer Pressen mit den Durchmessern variiren muß, so ergiebt sich auch aus der weiter unten ausführlich mitgetheilten interessanten Versuchsreihe, daß die Reibung eines gewöhnlichen Kraftkolbens, wenn Alles an der hydraulischen Presse in guter Ordnung ist, weit niedriger als 10 Procent der Bruttokraft ausfällt.

Wie wir sehen werden, sind diese Versuche mittelst eines bewundernswerth ingeniösen und vollkommenen Apparates angestellt worden, welchen Mr. John Hick, Civilingenieur in Bolton und Mitglied der neuerlich von der Regierung eingesetzten Commission für die Prüfung von Ketten- und Ankertauen, gemeinsam mit Mr. Lutty, einem seiner geschicktesten Assistenten und Erfinder einer ingeniösen und originellen hydraulischen Presse zum Verpacken, erfunden hat.

Wir wollen noch bemerken, daß diese Versuche besonders auf Anregung des Herrn Paget unternommen und deren Ergebnisse Letzterem in liberalster Weise überlassen worden sind, auch verdanken wir die untenfolgenden Zeichnungen und Details nur der Freundlichkeit des Herrn Paget. Uebrigens mußte Herr Hick schon aus dem Grunde ein näheres Interesse an diesen Experimenten nehmen, weil sein Vater, der verstorbene Mr. Benjamin Hick, der eigentliche Erfinder der jetzt allgemein bei hydraulischen Pressen angewendeten selbstthätigen Liederungskränze ist, wie durch einen im Nachlasse des Mr. Benjamin Hick vorgefundenen eigenhändigen Brief des Sohnes des berühmten Bramah dargethan wird.

Tafel 19 giebt die Zeichnung des bei diesen Versuchen angewendeten Apparates und man sieht sogleich, daß keine Mühen und Kosten gespart worden sind, um genaue Resultate zu erzielen. Diese Versuche haben aber auch für alle Zeiten die Frage über die Größe der Reibung bei derartigen selbstthätigen Liederungen für hydraulische Pressen mit gut erhaltenen Kolben und Liederungskränzen in befriedigendster Weise gelöst. Bei diesen Versuchen war natürlich vor Allem mittelst eines zuverlässigen Apparates zu bestimmen, welchen effectiven Druck ein belasteter Plunger p, den wir als Preßkolben bezeichnen wollen, auf das Wasser im Apparate ausübe. Dieser Kolben war von Stahl, $1/2$ Zoll stark und konnte mittelst eines eingetheilten Hebels mit festem und verschiebbarem Gewichte bis zu $3 1/2$ Tons pro Quadratzoll belastet werden. Der Hebel und die Verbindungsstangen ruhten auf gehärteten stählernen Schneiden und der Preßkolben p ging leicht in einer messingenen Büchse und dann in dem umgestülpten ledernen Liederungskranze. Der von diesem Kolben auf das Wasser ausgeübte effective Druck ist also gleich der Belastung des Kolbens vermindert um das Gewicht, welches zur Ueberwindung der Reibung in der messingenen Büchse und dem Liederungskranze erforderlich ist. Um diesen Reibungswiderstand zu ermitteln, wurde ein zweiter Plunger f, den wir den Reibungskolben nennen wollen, angewendet, welcher zuerst durch eine Stopfbüchse und einen Liederungskranz, dann durch eine mit der Flüssigkeit der Presse gefüllte Kammer, und hierauf nochmals durch eine Stopfbüchse und einen Liederungskranz hindurchgeht. Die drei Paare von Stopfbüchsen mit Liederungen waren in allen Dimensionen ganz genau gleich gemacht, sodaß jede an Stelle eines anderen eingesetzt werden konnte, und derjenige Theil des Plungers f, welcher im Wasser ging, also der Abstand zwischen den beiden Liederungskränzen, war doppelt so groß, als die Länge von dem Liederungskranze zum inneren Ende des Preßkolbens.

Nun wurde der Preßkolben p mittelst des oben beschriebenen Hebels mit Gewichten beschwert und dazu der Atmosphärendruck auf den Querschnitt des Plungers addirt, während mittelst eines andern eingetheilten Gewichtshebels versucht wurde, welches Gewicht erforderlich sei, um den Reibungsplunger eben in Bewegung zu setzen. Letzteres Gewicht entspricht den Reibungswiderständen von zwei Stopfbüchsendeckeln, zwei Liederungskränzen und der doppelten freien Kolbenlänge im Wasser; wenn man also die Hälfte hiervon von dem Gewichte auf den Preßkolben abzog, so erhielt man den effectiven Druck des Letzteren auf das Wasser. Hierauf wurden die Liederungen und Stopfbüchsen untereinander vertauscht, um zu sehen, ob die Reibung bei allen die nämliche sei, wobei sich jedoch keine merklichen Unterschiede ergaben.

Es befand sich am Apparate auch ein Fogg'sches Quecksilbermanometer und man notirte die Stellung des Quecksilbers in der Röhre, sobald der effective Druck auf das Wasser ermittelt war. Nachdem so ein correctes Manometer für den Druck hergestellt war, wurden auch Versuche über die Reibung der Liederungskränze bei Kolben von verschiedenen Durchmessern angestellt.

Der hierzu bestimmte Apparat bestand aus einem verticalen Gerüste, in welches kurze Cylinder von verschiedener Weite leicht eingesetzt werden konnten. Vom Querrahmen des Gerüstes hing ein Waagebalken herab, dessen Lastarm an dem Kolben P befestigt war, und Letzterer ging oben und unten durch den Cylinder hindurch und wurde an beiden Seiten durch Liederungskränze gedichtet. In diesen Apparat wurde nun mittelst einer kleinen Druckpumpe Wasser eingepumpt und auf verschiedene Pressungen gebracht, welche der Arbeiter bei der Druckpumpe an dem Quecksilbermanometer ablesen konnte. Der Hebel des Preßkolbens wurde allemal für den entsprechenden Druck belastet, so daß er während der Messung der Kolbenreibung als Regulator diente, und diese Messung erfolgte einfach dadurch, daß der Waagebalken so lange belastet wurde, bis der Kolben, dessen eigenes Gewicht natürlich auch mit berücksichtigt wurde, sich langsam zu bewegen anfing. Die Hälfte des hierzu erforderlichen Gewichtes gab den Reibungswiderstand für einen Liederungskranz.

Um darüber Gewißheit zu erhalten, daß der Druck im Cylinder ebenso groß sei, als durch den zuerst beschriebenen Apparat und das Manometer angegeben wurde, so waren alle drei in gleichen Abständen von einander angebracht und mittelst Röhren von gleicher Länge und Weite und von gleich viel Krümmungen angeschlossen.

Um ferner zu untersuchen, ob das von der Seite auf den Kolben drückende Wasser einen Einfluß auf die Resultate ausübe, wurden längere Cylinder angefertigt, in welchen die dem Wasserdrucke ausgesetzte Länge des Kolbens mehrere Male so groß, als anfangs war, während dieselben Liederungskränze beibehalten wurden; es ergab sich jedoch bei gleichem Drucke kein merklicher Unterschied.

Tabelle I. Reibungswiderstand bei einem 1/2zolligen Kolben.

Totale Belastung des 1/2zolligen Kolbens in Pfunden.	Neue, steife Liederung.		Gebrauchte Liederung.		Zweite Qualität.	
	Kolbenreibung in		Kolbenreibung in		Kolbenreibung in	
	Pfunden.	Procenten.	Pfunden.	Procenten.	Pfunden.	Procenten.
50	13	26,0	9,0	18,0	9	18,0
100	12,5	12,5	8,5	8,5	13	13,0
150	18	12,0	11,5	7,6	15	10,0
200	20	10,0	13	6,5	20	10,0
250	23	9,6	13,5	5,4	23	9,6
300	27	9,0	14,7	4,9	27	9,0
350	18	5,1	15,4	4,4	29	8,2
400	23	5,6	16,5	4,1	31	7,7
450	26	5,7	18	4,0	34	7,5
500	25	5,0	19	3,8	37	7,4
600	26	4,3	20	3,3	38	6,3
700	32	4,5	23,3	3,3	44	6,2
800	38	4,7	24	3,0	45	5,6
900	35	3,9	28	3,1	48	5,3
1000	33	3,3	33	3,3	48	4,8
1100	40	3,6	35,2	3,2	48	4,3
1200	50	4,1	40,8	3,4	50	4,1
1300					50	3,8

Tabelle II. Reibung des Liederungskranzes eines 4zolligen Kolbens.
(Leder neu und steif, schwach eingefettet.)

Nettodruck auf den 1/2zoll. Kolben in Pfdn.	Entsprechender Druck pro Qu.-Zoll in Pfdn.	Druck auf den 4zolligen Kolben in Pfdn.	Reibung der Liederung in Pfdn.	Reibung in Procenten.
37	188,7	2368	110	4,6
87,5	446,2	5600	117	2,0
132	673,2	8448	125	1,48
180	918	11520	130	1,12
227	1175,7	14528	171	1,17
273	1392,3	17472	214	1,22
332	1693,2	21248	228	1,07
377	1922,7	24128	280	1,16
424	2162,4	27136	334	1,23
475	2422,5	30400	389	1,27
574	2927,4	36736	459	1,25
668	3406,8	42752	543	1,26
762	3886,2	48768	641	1,31
865	4411,5	55360	753	1,36
967	4931,7	61888	823	1,33
1060	5406	67840	1047	1,54
1150	5865	73600	1147	1,55
			Mittel	1,28

Tabelle III. Reibung des Liederungskranzes eines 8zolligen Kolbens.

Nettodruck auf den ½zoll. Kolben in Pfunden.	Entsprechender Druck pro Quadratzoll in Pfunden.	Druck auf den 8zolligen Kolben in Pfunden.	Neue und wenig geschmierte Liederung.		Gebrauchte und wohlgeschmierte Liederung.	
			Reibung der Liederung in Pfunden.	Reibung in Procenten der Last.	Reibung in Pfunden.	Reibung in Procenten.
87	443,7	22272	102	0,46	94	0,42
135	688,5	34560	162	0,47	145	0,42
180	918,0	46080	207	0,45	180	0,39
227	1157,7	58112	255	0,44	186	0,32
273	1392,3	69888	321	0,46	216	0,31
321	1637,1	82176	385	0,47	271	0,33
369	1881,9	94464	415	0,44	274	0,29
419	2136,9	107264	547	0,51	290	0,27
463	2361,3	118528	569	0,48	355	0,30
562	2871,2	143872	690	0,48	374	0,26
651	3320,1	166656	866	0,52	433	0,26
755	3850,5	193280	889	0,46	560	0,29
852	4345,2	218112	1047	0,48	590	0,27
952	4855,2	243712	1121	0,46	682	0,28
1052	5365,2	269312	1320	0,49	862	0,32
1150	5865,0	294400	1475	0,50	942	0,32
1250	6375,0	320000	1600	0,50	1056	0,33
			Mittel	0,474		0,316

Tabelle IV. Reibung des Liederungskranzes bei einem 4zolligen Kolben.
Die Liederung ist gut geschmiert.

Breite des anliegenden Leders.			7/8 Zoll.		3/4 Zoll.		3/8 Zoll.	
Nettodruck auf den ½zolligen Kolben in Pfunden.	Entsprechender Druck pro Quadratzoll in Pfdn.	Druck auf den 4zolligen Kolben in Pfunden.	Reibung des Liederungskranzes in Pfunden.	Reibung des Liederungskranzes in Proc.	Reibung des Liederungskranzes in Pfunden.	Reibung des Liederungskranzes in Proc.	Reibung des Liederungskranzes in Pfunden.	Reibung des Liederungskranzes in Proc.
41	209,1	2624	56	2,13	37	1,40	39	1,50
87	443,7	5568	70	1,25	52	0,94	70	1,25
135	688,5	8640	80	0,95	78	0,91	80	0,92
180	918,0	11520	84	0,72	100	0,87	85	0,73
227	1157,7	14528	88	0,60	116	0,80	92	0,63
273	1392,3	17472	93	0,53	162	0,92	105	0,60
321	1637,1	20544	103	0,50	174	0,84	125	0,60
369	1881,9	23616	123	0,52	189	0,80	140	0,59
419	2136,9	26816	140	0,52	214	0,79	154	0,57
463	2361,3	29632	156	0,52	226	0,76	168	0,56
562	2871,2	35968	176	0,49	214	0,67	180	0,50
651	3320,1	41664	231	0,55	280	0,67	231	0,55
755	3850,5	48320	312	0,64	374	0,77	280	0,58
852	4345,2	54528	335	0,61	420	0,77	305	0,56
952	4855,2	60928	375	0,61	493	0,81	360	0,59
1052	5365,2	67328	432	0,63	558	0,83	390	0,58
1150	5865,0	73600	520	0,70				
1250	6375,0	80000	600	0,75				
			Mittel	0,61		0,846		0,706

Aus den in den vorstehenden Tabellen angeführten Versuchen geht hervor, daß

1. die Reibung mit wachsendem Drucke zunimmt;
2. daß die Reibung der Liederungskränze bei verschiedenen Durchmessern in directem Verhältniß der Durchmesser, oder wie die Quadratwurzel aus der Bruttobelastung zunimmt, wenn der Druck pro Flächeneinheit gleich ist;
3. daß die Breite der Lederstreifen ohne Einfluß auf den Reibungswiderstand ist.

Bei mehreren Versuchen wurde der Liederungskranz nach dem ersten Versuche bis zur Hälfte, und nach dem zweiten Versuche bis zum Viertel der ursprünglichen Breite abgeschnitten, aber das Resultat war praktisch in allen drei Fällen das nämliche. Man wurde hierdurch auf die Vermuthung gebracht, daß das gegen die Seitenwände des Kolbens drückende Wasser pro Flächeneinheit eine eben so starke Reibung erzeuge, als das vom Wasser angedrückte Leder, und es wurden demgemäß neue Cylinder, bei denen eine doppelt so große Länge des Kolbens dem Drucke des Wassers frei ausgesetzt war, dem Versuche unterworfen, aber der Reibungswiderstand blieb abermals derselbe. Es ist somit einleuchtend, daß die Breite des Lederstreifens und die in den Cylinder hineinragende Länge des Kolbens nur von sehr geringem, oder für die Praxis von keinem Einflusse auf den Reibungswiderstand ist. Es scheint vielmehr die ganze Reibung nur da erzeugt zu werden, wo der Lederstulp aus der Höhlung der Versenkung hervortritt und sich an den Kolben anzuschmiegen beginnt.

Diejenigen Versuche, welche mit einem vierzolligen Kolben und ganz neuen, steifen und wenig gefetteten Lederstulpen angestellt wurden, gaben als höchsten Reibungswiderstand 1,55 Procent und als geringsten 1,07 Procent von dem auf die Fläche von 12,56 Quadratzoll ausgeübten Drucke. Nimmt man also 1,5 Procent, so hat man für einen 4zolligen Kolben alle mögliche Sicherheit gegeben. 48 Versuche mit bereits gebrauchten und wohlgefetteten Lederkränzen gaben im Durchschnitt eine Reibung von 0,72 Procent des Druckes auf den vierzolligen Kolben; bei einigen andern Versuchen betrug er 1, bei anderen nur 0,5 Procent.

38 Versuche, welche mit einem achtzolligen Kolben angestellt wurden, ergaben einen durchschnittlichen Reibungswiderstand von 0,395 Procent des auf die Kolbenfläche von 50,26 Quadratzoll ausgeübten Druckes; derselbe stieg bei einigen Versuchen auf 0,52 und fiel bei andern Versuchen auf 0,26 Procent des Druckes, variirte also um ca. 1/4 Procent.

Nehmen wir also den Reibungswiderstand bei hydraulischen Pressen oder andern in gutem Stande befindlichen hydraulischen Maschinen mit vierzolligen Kolben zu 1, und mit achtzolligen Kolben zu 0,5 Procent von dem auf den Kolben ausgeübten Drucke an, so dürfte dies in den meisten Fällen der Wahrheit sehr nahe kommen.

Aus diesen Versuchen läßt sich für den Reibungswiderstand die Formel:

$$F = Pcd$$

ableiten, wenn

F die Reibung des Liederungskranzes,
d den Durchmesser des Kolbens in Zollen,
c einen Coefficienten bedeutet,

welcher bei neuen, schlecht gefetteten Stulpen = 0,0471
„ biegsamen, gut gefetteten „ = 0,0314

anzusetzen ist.

Giebt man den Druck in Pfunden pro Kreiszoll, so muß man dem Coefficienten

bei schlechter Einfettung den Werth $c_0 = 0{,}06$
„ guter „ „ „ $c_0 = 0{,}04$

beilegen.

Es berechnet sich sonach der Reibungswiderstand, welchen ein Kolben von 12 Zoll Durchmesser bei 5000 Pfund Druck pro Quadratzoll erfährt, bei guter Schmierung auf

$$F = 5000 \,.\, 12 \,.\, 0{,}0314 = 1884 \text{ Pfunde}$$

oder, da der gesammte Druck auf diesen Kolben

$$113 \,.\, 5000 = 565000 \text{ Pfund beträgt,}$$

zu $\frac{1884}{565000} = 0{,}0033$ oder ca. 1/3 Procent

des gesammten Druckes.

(Nach dem Engineer, vol. XXI, no. 544.)

Zusatz der Redaction.

Wenn wir auch nicht der Meinung des „Engineer" sind, daß die Hick'schen Versuche über die Reibung bei hydraulischen Pressen oder bei Stulpliederungen ganz erschöpfend seien, so erscheinen uns dieselben doch sehr beachtenswerth und wir erlauben uns, die Ergebnisse dieser Versuche in Nachstehendem noch einer weiteren Prüfung zu unterwerfen.

Bekanntlich nimmt man fast allgemein an, daß die Reibung der Liederungen dem Product aus der gedrückten Fläche und dem Drucke pro Flächeneinheit proportional sei. In Weisbach's „Ingenieur- und Maschinenmechanik, 4. Aufl., 2. Band, §. 320" wird z. B. die Kolbenreibung bei Wassersäulenmaschinen nach der Formel

$$R = \varphi \pi d e h \gamma$$

berechnet, wo φ einen Reibungscoefficienten,
d den Durchmesser,
e die Breite der Liederung,
h die Höhe der drückenden Wassersäule und
γ das Gewicht der Cubikeinheit Wasser

bedeutet. Um nun deutlicher erkennen zu können, in wie weit diese Annahme durch die obigen Versuche Bestätigung finden dürfe, haben wir in nachstehender Tabelle auf Grund der 4. Tabelle die Werthe des Coefficienten φ berechnet.

5. Tabelle. Reibungscoefficienten bei einem wohlgefetteten 4zolligen Liederungskranze.

Druck		Reibungscoefficient φ bei einer Breite des Stulpes von		
Atmosphären.	Pfunde pro Quadr.-Zoll.	$^7/_8$ Zoll.	$^3/_4$ Zoll.	$^3/_8$ Zoll.
14,26	209,1	0,02435	0,01878	0,03961
30,26	443,7	0,01433	0,01244	0,03350
46,96	688,5	0,01056	0,01202	0,02467
62,61	918,0	0,00832	0,01156	0,01965
78,96	1157,7	0,00691	0,01064	0,01687
94,95	1392,3	0,00607	0,01235	0,01602
111,67	1637,1	0,00572	0,01127	0,01621
128,32	1881,9	0,00593	0,01066	0,01580
145,56	2136,9	0,00596	0,01065	0,01531
161,8	2361,3	0,00598	0,01010	0,01503
196,5	2871,2	0,00555	0,00898	0,01326
226,4	3320,1	0,00632	0,00895	0,01477
262,6	3850,5	0,00736	0,01030	0,01544
296,4	4345,2	0,00700	0,01026	0,01490
331,1	4855,2	0,00704	0,01077	0,01574
365,9	5365,2	0,00731	0,01105	0,01544
400,0	5865,0	0,00805		
434,7	6375,0	0,00856		
	Mittel	0,00680	0,01058	0,01573

Diese Zusammenstellung zeigt auffallenderweise, daß der Coefficient φ um so größer wird, je geringer die Breite der Liederung ist, ferner daß er bei den niedrigeren Pressungen von 14 bis 50 Atmosphären größer ist, als bei den höheren Pressungen von 50 bis 430 Atmosphären, dabei aber einen Minimalwerth bei ca. 200 Atmosphären zu besitzen scheint. Sieht man von letzterem Umstande ab, so kann man im Mittel für Pressungen von 60 bis 400 Atmosphären oder 900 bis 6000 Pfund pro Quadratzoll

bei der Stulpbreite von	$^7/_8$	$^3/_4$	$^3/_8$ Zoll
die Coefficienten	0,00680	0,01058	0,01573

anwenden.

Hierbei fällt es auf, daß bei dem geringen Breitenunterschiede zwischen $^7/_8$ und $^3/_4$ Zoll die Differenz der Coefficienten größer ist, als zwischen den $^3/_4$ und $^3/_8$ Zoll breiten Liederungskränzen, wofür sich ebenso wenig ein Grund einsehen läßt, als dafür, daß die Reibung bei $^7/_8$ Zoll Liederungsbreite geringer gefunden worden ist, als bei $^3/_8$ Zoll Breite.

Die vorliegenden Versuche dürften also allerdings zu der Annahme berechtigen, daß bei hydraulischen Pressen bei sehr hohem Drucke die Breite der Liederung ohne Einfluß sei und dem Coefficienten φ ein mittlerer Werth 0,01083 beigelegt werden könne. Für die Pressungen von 14 bis 50 Atmosphären könnte man nach Hick's Versuchen durchschnittlich $\varphi = 0,02114$ setzen. Da übrigens die Formel $R = \varphi \pi d e h \gamma$ durch vorliegende Versuche nicht eigentlich bestätigt wird, so kann man sich wohl mit gleichem Rechte der im „Engineer" angewandten einfachen Berechnungsweise bedienen, wonach die Reibung R dem Drucke P auf den Kolben proportional angenommen und $R = cP$ gesetzt wird, wenn c einen Coefficienten bedeutet, der

bei der Stulpbreite von	$^7/_8$	$^3/_4$	$^3/_8$ Zoll engl.
den Werth c =	0,0061	0,00846	0,00706

oder durchschnittlich etwa den Werth $c = 0,00721$ besitzt.

Diese Anschauungsweise wird namentlich durch die Ergebnisse der Versuche mit neuen steifen Liederungen gerechtfertigt. Tabelle 2 zeigt z. B., daß der Coefficient c bei 673 bis 5865 Pfund Druck pro Quadratzoll nur sehr wenig schwankt, und das Gleiche ist bei dem 8zolligen Kolben in Tabelle 3 zu bemerken. Dagegen hat beim $^1/_2$zolligen Kolben dieser Coefficient nicht nur viel höhere Werthe, sondern diese zeigen auch eine entschiedene Abnahme bei steigendem Drucke. Für eingelaufene und wohlgefettete Liederungen kann man bei 60 bis 400 Atmosphären Druck und

Kolbendurchmessern von	$^1/_2$	4	8 Zoll
den Coefficienten c im Mittel =	0,040	0,007	0,003

setzen; für neue steife Liederungen dagegen

c =	0,056	0,013	0,005.

Hiernach wäre der Reibungswiderstand bei kleinen Kolben weit größer als bei großen, was kaum erklärlich ist, wenn auch bei kleinen Kolben die Steifheit der Liederung etwas mehr hervortreten muß, als bei großen.

Besser ist die Uebereinstimmung, wenn man die Werthe von φ berechnet, wobei in Ermangelung genauerer Data angenommen werden mag, daß

der Kolben von	$^1/_2$	4	8 Zoll Durchmesser
eine Liederung von	$^3/_8$	$^3/_4$	$^7/_8$ Zoll Breite

gehabt habe. Man erhält nämlich unter dieser Voraussetzung

für Kolben von	$^1/_2$	4	8 Zoll
bei neuen steifen Liederungen			
die Coefficienten φ =	0,075	0,069	0,046,
bei eingelaufenen und wohlgefetteten Liederungen aber			
die Coefficienten φ =	0,053	0,038	0,029.

Bei der auf die beschriebenen Versuche verwendeten großen Mühe ist es zu bedauern, daß dieselben nicht nach unten hin, d. h. bei geringerem Drucke weiter verfolgt und überhaupt mehr variirt worden sind, da sie leider so über die Reibung bei gewöhnlichen Druckpumpen, über welche bekanntlich ausführliche Versuche noch gänzlich fehlen, kein Anhalten geben.

B.

Versuche über die Festigkeit von Bessemerstahl.

Von

Mr. Kirkaldy.

Nachstehende Tabellen geben die Resultate einer Reihe von Versuchen, welche Mr. Kirkaldy für die Barrow Haematite Steel Company durchgeführt hat, um die Widerstandsfähigkeit des Bessemerstahles unter verschiedenen Arten der Inanspruchnahme zu ermitteln. Diese Versuche sind von großer wissenschaftlicher Bedeutung, da Mr. Kirkaldy einer der geschicktesten und gewissenhaftesten Experimentatoren im Gebiete der Festigkeitslehre ist und sich zu seinen Versuchen vorzüglicher Apparate bedient; sie haben aber auch ein hohes praktisches Interesse, da man dieses neue Material gegenwärtig in verschiedener Weise zu verwenden beginnt.

Versuche über die absolute Festigkeit des Bessemer Gußstahles.

Die Stäbe waren bis zu $1^1/_2$ Zoll Durchmesser rund geschmiedet und dann auf $1^1/_4$ Zoll Durchmesser (1,2271 Quadr.-Zoll Querschnitt) abgedreht.

Belastung in Pfunden.	Ausdehnung überhaupt in Zollen.				Bleibende Ausdehnung in Zollen.			
	Stab 1.	Stab 2.	Stab 3.	Stab 4.	Stab 1.	Stab 2.	Stab 3.	Stab 4.
8000	0,016	0,014	0,024	0,018	—	—	—	—
10000	0,022	0,021	0,030	0,023	0,005	0,006	0,010	0,007
12000	0,027	0,028	0,034	0,028	—	—	—	—
14000	0,032	0,032	0,038	0,032	0,013	0,012	0,015	0,012
16000	0,036	0,036	0,042	0,038	—	—	—	—
18000	0,041	0,040	0,046	0,042	0,023	0,021	0,025	0,022
20000	0,045	0,043	0,049	0,048	—	—	—	—
22000	0,049	0,048	0,052	0,052	0,026	0,026	0,027	0,028
24000	0,053	0,052	0,055	0,056	—	—	—	—
26000	0,057	0,056	0,058	0,059	—	—	—	—
28000	0,061	0,059	0,060	0,062	—	—	—	—
30000	0,065	0,062	0,063	0,065	0,036	0,034	0,034	0,037
32000	0,069	0,065	0,067	0,070	—	—	—	—
34000	0,072	0,068	0,071	0,072	—	—	—	—
36000	0,075	0,071	0,073	0,076	—	—	—	—
38000	0,079	0,074	0,076	0,079	—	—	—	—
40000	0,083	0,079	0,080	0,082	0,044	0,041	0,044	0,045
42000	0,087	0,084	0,082	0,085	—	—	—	—
44000	0,092	0,087	0,086	0,089	—	—	—	—
46000	0,098	0,090	0,088	0,092	—	—	—	—
48000	0,107	0,100	0,091	0,095	0,057	0,052	0,048	0,050
50000	0,129	0,115	0,095	0,098	—	—	—	—
52000	0,158	0,138	0,098	0,102	0,090	0,085	—	—
54000	0,188	0,171	0,100	0,112	—	0,113	0,051	0,053
56000	0,238	0,218	0,228	0,226	—	—	—	—

Belastung in Pfunden.	Ausdehnung überhaupt in Zollen.				Bleibende Ausdehnung in Zollen.			
	Stab 1.	Stab 2.	Stab 3.	Stab 4.	Stab 1.	Stab 2.	Stab 3.	Stab 4.
58000	0,310	0,281	0,265	0,385	—	—	0,204	—
60000	0,435	0,348	0,378	0,492	—	—	—	—
62000	0,498	0,389	0,441	0,520	—	—	—	—
64000	0,584	0,452	0,490	0,582	—	—	—	—
66000	0,684	0,502	0,545	0,666	—	—	—	—
68000	0,730	0,564	0,603	0,732	—	—	—	—
70000	0,818	0,635	0,686	0,825	—	—	—	—
72000	0,867	0,682	0,770	0,892	—	—	—	—
74000	0,910	0,778	0,850	1,040	—	—	—	—
76000	0,984	0,895	0,992	1,250	—	—	—	—
78000	1,05	1,02	1,07	1,43	—	—	—	—
80000	1,25	1,18	1,28	1,56	—	—	—	—
82000	1,47	1,34	1,46	1,98	—	—	—	—
84000	1,84	1,62	1,82	2,26	—	—	—	—

Ferner betrug

	Bruchfestigkeit		Bruchfläche.			Verlängerung auf 14 Zoll	
	im Ganzen.	pro Qu.-Zoll.	Durchmesser.	Querschnitt. Qu.-Zoll.	Abnahme in Proc.	im Ganzen.	in Procent.
1. Stab	99528	81108	0,87	0,5945	51,5	2,68	19,1
2. "	85376	69575	0,84	0,5541	54,8	2,29	16,4
3. "	85024	69288	0,81	0,5153	58,0	2,48	17,3
4. "	84848	69145	0,80	0,5026	59,1	3,36	24,0
Mittel		72279			55,9		19,2

Versuche über den Widerstand gegen das Zerdrücken.

Die Gußstahlcylinder waren auf 1½ Zoll Stärke ausgeschmiedet und dann auf 1,25 Zoll (Stab Nr. 3 blos auf 1,24 Zo Durchmesser abgedreht. Stab Nr. 1 und 2 waren 1,25, Stab Nr. 3 und 4 1,26 Zoll hoch.

Belastung in Pfunden.	Verkürzung in Tausendtheilzollen.				Belastung in Pfunden.	Verkürzung in Tausendtheilzollen.			
	1. Cylind.	2. Cylind.	3. Cylind.	4. Cylind.		1. Cylind.	2. Cylind.	3. Cylind.	4. Cylind.
16000	—	1	—	1	120000	152	168	155	138
24000	—	4	3	3	128000	180	190	183	159
32000	2	6	6	5	136000	205	215	214	182
40000	5	9	9	8	144000	239	248	247	215
48000	9	11	12	10	152000	270	275	278	239
56000	22	24	24	14	160000	299	309	308	268
64000	34	39	38	20	167700	325	328	340	296
72000	48	50	48	39	175500	350	362	368	327
80000	60	62	58	50	183300	380	384	393	350
88000	75	78	74	62	191100	405	401	420	379
96000	90	95	90	79	195000	419	422	434	392
104000	110	114	109	95		bleibende Zusammendrückung			
112000	129	138	129	114		396	401	411	368

Der Cylinder Nr. 4, welcher unter der Belastung von 95000 Pfund bis auf 0,892 Zoll Höhe zusammengedrückt orden war und oben 1,45, in der Mitte 1,52 und unten ,38 Zoll Durchmesser angenommen hatte, wurde hierauf noch einem Drucke von 258700 Pfunden ausgesetzt, wobei sich seine Höhe bis auf 0,798 Zoll verminderte und die Stärke oben auf 1,54, in der Mitte auf 1,61 und unten auf 1,47 Zoll wuchs.

Versuche über die relative Festigkeit des Bessemerstahles.

a. Doppelköpfige Stahlschienen von 5,02, 2,50 und 0,78 Zoll Stärke und 7,24 Quadratzoll Querschnitt. — 60 Zoll freie Länge. Marke F. & M. Barrow Steel, 1866.

Belastung in Pfunden.	Einbiegung in Zollen. 1. Schiene. überhaupt.	1. Schiene. bleibend.	2. Schiene. überhaupt.	2. Schiene. bleibend.	Bemerkungen.
5000	0,020	—	0,018	—	
7000	0,038	—	0,037	—	
9000	0,051	0,005	0,058	0,007	
11000	0,071	—	0,076	—	
13000	0,089	0,010	0,095	0,012	
15000	0,109	—	0,116	—	
18000	0,132	0,021	0,145	0,027	
20000	0,151	—	0,162	—	
22000	0,171	0,030	0,180	0,038	
24000	0,192	—	0,204	—	
26000	0,219	0,051	0,272	0,158	
28000	0,296	0,152	0,720	—	
30000	0,885	0,701	1,14	1,01	
32000	1,35	—	1,75	—	
34000	2,13	—	2,39	—	
36000	2,72	—	3,22	—	
38000	3,31	—	4,04	—	
40000	4,05	—	4,68	—	
42000	4,91	—	5,54	—	
44000	5,55	—	6,12	—	
46000	6,16	—	6,90	—	
48000	6,92	—	7,72	—	
50000	7,54	—	8,65	—	
52000	8,17	—	9,54	—	
54000	8,84	—	10,52	—	
56000	9,64	—			bei 55040 Pfd. kantete die Schiene Nr. 2 um.
58000	10,82	—			
60000	12,02	—			bei 60976 Pfd. kantete die Schiene Nr. 1 um.

b. Die Stäbe waren auf 2 Zoll im Quadrat ausgeschmiedet und dann auf 1,75 Zoll im Quadrat abgehobelt und lagen 25 Zoll frei.

Belastungen in Pfunden.	Einbiegungen in Zollen. 1. Stab.	2. Stab.	3. Stab.	4. Stab.	Bleibende Einbiegung in Zollen. 1. Stab.	2. Stab.	3. Stab.	4. Stab.
1000	—	—	—	—	—	—	—	—
2000	0,013	0,021	0,012	0,012	—	—	—	—
3000	0,032	0,038	0,030	0,031	—	—	—	—
4000	0,049	0,052	0,047	0,048	—	—	—	—
5000	0,068	0,078	0,062	0,063	—	0,006	—	0,002

Belastungen in Pfunden.	Einbiegungen in Zollen.				Bleibende Einbiegung in Zollen.			
	1. Stab.	2. Stab.	3. Stab.	4. Stab.	1. Stab.	2. Stab.	3. Stab.	4. Stab.
6000	0,088	0,083	0,081	0,081	—	—	—	—
7000	0,102	0,099	0,098	0,092	0,012	0,011	0,011	0,009
8000	0,121	0,105	0,118	0,110	—	—	—	—
9000	0,144	0,126	0,135	0,128	—	0,018	—	0,018
10000	0,178	0,262	0,289	0,213	—	—	—	0,087
11000	0,502	0,601	0,852	0,754	—	—	—	—
12000	0,862	1,09	1,34	1,27	—	—	—	—
13000	1,25	1,52	1,86	1,96	—	—	—	—
14000	1,86	2,17	2,22	2,14	—	—	—	—
15000	2,41	2,82	3,04	3,91	—	—	—	—
16000	3,39	3,87	—	—	—	—	—	—
Letzte Belastung (kein Bruch).								
16720	4,72	—	—	—	4,58	—	—	—
16910	—	7,52	—	—	—	7,22	—	—
16484	—	—	6,84	—	—	—	6,52	—
15784	—	—	—	7,48	—	—	—	7,28

Versuche über die rückwirkende Festigkeit.

Cylinder, welche auf $1^1/_2$ Zoll abgeschmiedet und dann auf $1^1/_4$ Zoll abgedreht waren und den 10fachen Durchmesser zur Länge hatten.

Belastungen in Pfunden.	Verkürzungen in Tausendtheilzollen.				Bleibende Verkürzungen in Tausendtheilzollen.			
	1. Cylind.	2. Cylind.	3. Cylind.	4. Cylind.	1. Cylind.	2. Cylind.	3. Cylind.	4. Cylind.
12000	5	9	3	1	—	—	—	—
16000	9	13	5	3	—	—	—	—
20000	12	18	8	6	—	—	—	—
24000	15	22	12	9	—	—	—	—
28000	18	27	16	14	2	6	1	—
32000	22	31	20	21	—	—	—	—
36000	25	36	25	25	—	—	—	—
40000	28	40	28	28	—	—	—	—
44000	32	162	30	31	9	139	8	8
48000	36	275	33	35	—	—	—	—
52000	40	320	39	118	—	—	—	—
56000	320	431	150	132	—	—	—	—
60000	375	—	184	150	—	—	—	—

NB. Die Stäbe Nr. 1, 2 und 4 hatten 1,227 Quadratzoll Durchmesser, der Stab Nr. 3 war aber nur 1,24 Z stark und hatte 1,207 Quadratzoll Querschnitt.

Bei einem letzten Versuche, bei welchem übrigens die Stäbe nicht zum Bruche kamen, betrug

	Stab 1.	Stab 2.	Stab 3.	Stab 4.	
die Belastung überhaupt	63040	57720	61472	63856	Pfund engl.
pro Quadratzoll	51377	47041	50930	52042	„ „
und					
die Verkürzung	0,506	2,430	0,852	0,535	Zoll engl.

Versuche über die Abscheerfestigkeit.

Die Bolzen waren auf $1^1/_2$ Zoll rund abgeschmiedet und dann auf 1,25 Zoll Durchmesser (1,227 Quadratzoll Querschnitt) abgedreht.

Belastung in Pfunden.	Durchbiegung in Tausendtheil-Zollen.			Belastung in Pfunden.	Durchbiegung in Tausendtheil-Zollen.		
	1. Bolzen.	2. Bolzen.	3. Bolzen.		1. Bolzen.	2. Bolzen.	3. Bolzen.
12000	6	8	5	76000	84	106	102
16000	12	12	9	80000	95	112	109
20000	18	16	2	84000	104	122	118
24000	22	21	18	88000	112	128	125
28000	26	25	22	92000	122	134	132
32000	30	31	27	96000	133	141	142
36000	33	35	32	100000	142	150	152
40000	38	41	39	104000	154	158	158
44000	42	48	45	108000	168	168	172
48000	46	55	50	112000	184	176	182
52000	50	62	55	116000	202	190	198
56000	54	72	62	120000	221	205	216
60000	58	80	69	125000	250	231	238
64000	64	86	80	130000	280	262	270
68000	72	92	86	135000	305	298	309
72000	78	100	92				

Die Bruchlast betrug bei dem	1. Bolzen,	2. Bolzen,	3. Bolzen:
überhaupt	140810 Pfund,	137620 Pfund,	137150 Pfund.
auf jede Hälfte	70405 „	68810 „	68575 „
pro Quadratzoll	57380 „	56079 „	55889 „

(The Engineer, Vol. XXI, No. 539.)

Zusatz der Redaction. — Wenn man aus vorstehenden Versuchen den Elasticitätsmodulus des Bessemerstahles u. s. w. bestimmen will, so ergiebt sich leider, daß hierzu gewisse unentbehrliche Angaben fehlen oder zum mindesten zweifelhaft sind.

Bei den Versuchen über die absolute Festigkeit des Bessemerstahles ist z. B. die Länge der Stäbe nicht angegeben, wenn man nicht aus den Angaben über die totale und procentuelle Verlängerung beim Bruche anzunehmen berechtigt ist, daß die Stäbe 14 Zoll lang gewesen sind. Ferner beginnen diese Versuche gleich mit einer sehr ansehnlichen Dehnung von 0,016 bis 0,024 Zoll, so daß man unter Zugrundelegung dieser Dehnung wohl einen etwas zu niedrigen Elasticitätsmodulus erhalten wird.

Nimmt man aber $P = 8000$, $l = 14$, $\lambda = 0{,}018$ und $F = 1{,}2271$, so giebt die bekannte Formel $E = \frac{Pl}{F\lambda}$

den Elasticitätsmodulus für Zug $E = 5070000$ für englische Zolle und Pfunde
$= 356500$ für Centimeter und Kilogramme,
den Tragmodulus für Zug $T = 6519$ Pfund pro Quadratzoll
$= 458$ Kilogramme pro Quadratcentimeter.

Für den Festigkeitsmodulus des Zerreißens geben die Versuche
$K = 72279$ Pfund pro Quadratzoll
$= 5082$ Kilogramme pro Quadratcentimeter.

Aus der zweiten Versuchsreihe ergiebt sich in Bezug auf den Widerstand gegen das Zerdrücken, wenn man $P = 24000$, $l = 1{,}25$, $F = 1{,}227$ und $\lambda = 0{,}003$ einführt,

der Elasticitätsmodulus $E_1 = 8150800$ Pfund pro Quadratzoll
$= 573200$ Kilogramme pro Quadratcentimeter,
der Tragmodulus $T_1 = 19556$ Pfund pro Quadratzoll
$= 1375$ Kilogramme pro Quadratcentimeter.

Der Festigkeitsmodulus gegen das Zerdrücken läßt sich nicht angeben, da weder die niedrigen Cylinder von 1,25 Zoll Höhe, noch die längeren Cylinder von 12,5 Zoll Höhe bis zum Zerbrechen belastet worden sind. Jedenfalls scheint er sehr hoch zu liegen.

Für die relative Festigkeit können die Versuche mit den quadratischen Stäben zur Bestimmung der Modeln benutzt werden.

Setzt man in die Formel $E = \frac{Pl^3}{4ah^4}$

für P den Werth 4000 Pfund
„ l „ „ 25 Zoll
„ a „ „ 0,049 „
„ h „ „ 1,75 „

ein, so ergiebt sich der Elasticitätsmodulus

$E = 34000000$ Pfund pro Quadratzoll
$= 2391000$ Kilogr. pro Qu.-Centimeter.

Der Tragmodulus ergiebt sich für denselben Versuch aus der Formel

$$T = \frac{3}{2}\frac{Pl}{h^3} = \frac{3.4000.25}{2.(1,75)^3}$$
$= 27996$ Pfd. pro Qu.-Zoll
$= 1968$ Kil. pro Qu.-Centimeter.

Für den Festigkeitsmodulus fehlen die bezüglichen Versuche, da die Stäbe nicht bis zum Bruch belastet worden sind.

Was endlich die Festigkeit gegen das Abscheeren anlangt, so führen die betreffenden Versuche (letzte Versuchsreihe) auf den durchschnittlichen Werth

$$K_2 = \frac{1}{3}(57380 + 56079 + 55889)$$
$= 56450$ Pfd. pro Qu.-Zoll
$= 3970$ Kil. pro Qu.-Centimeter.

Im Allgemeinen scheint hiernach das Bessemermetall sich nicht wesentlich vom Schmiedeeisen zu unterscheiden. Der oben berechnete Elasticitäts- und Tragmodulus der absoluten Festigkeit ist jedenfalls zu gering. B.

Ueber den Einsturz eines Gasometerbassins in der städtischen Gasanstalt zu Neustadt-Dresden.

(Vorbemerkung.)

Ueber einen an sich bedauerlichen, in seinen technischen Specialitäten und Folgerungen aber höchst interessanten Unfall — den Einsturz eines Gasometerbassins in der städtischen Gasanstalt zu Neustadt-Dresden — geht uns von dem als erfahrener kenntnißvoller Fachmann in der Gastechnik allgemein in hohem Ansehen stehenden Herrn Commissionsrath G. Mor. Sigism. Blochmann hierselbst der nachfolgende Artikel zu, welchem wir um so lieber die Spalten unseres Blattes öffnen, als er — der Intention seines Verfassers entsprechend — dazu dienen soll, gewisse übertriebene Befürchtungen über die Nähe von Gasometer-Anlagen zu bekämpfen und die weitverbreitete Ansicht, als sei in Bezug auf Gefahr ein Gasometer mit einem Pulvermagazine nahezu gleichbedeutend, zu widerlegen.

Dresden am 31. Juli 1866.

B. Tauberth.

Am 18. Mai d. J. in der Abendstunde zwischen 5 und 6 Uhr stürzte auf der Gasanstalt zu Antonstadt-Dresden ein Theil der Mauer des vorhandenen Gasometerbassins plötzlich ein, nachdem man in der dicht daneben angelegten Baugrube für einen neuen Gasbehälter, diesen Theil der Bassinmauer ganz frei gelegt hatte.

Das vorhandene Gasometerbassin hatte einen Durchmesser von 103 Fuß (sächsisches Maaß) und 25⅓ Fuß Tiefe und war bis auf ca. 6 Zoll Bord mit Wasser gefüllt.

Die Gasometerglocke von 200000 Cubikfuß Inhalt war bis auf einen Wasserabschluß von 18 Zoll mit Gas gefüllt, überragte also das Gasometerbassin um 23 Fuß.

Nachdem sich kurz zuvor an einigen Fugen der höheren Schichten etwas Durchlässigkeit gezeigt hatte, stürzte plötzlich und auf einmal der freigelegte Theil der Bassinmauer in einer Breite von 48 Fuß und auf 21 Fuß Tiefe ein, dem später noch eine Quaderschicht von 2 Fuß 4 Zoll durch Nachsturz folgte.

Durch diese Oeffnung stürzte das Wasser mit großer Gewalt in die nebenstehende leere Grube und senkte sich durch diesen Fall des Wassers der Wasserspiegel innerhalb der entstandenen Maueröffnung, so daß der 18zollige Wasserabschluß des Gasbehälters an dieser Stelle nicht mehr ausreichte, und mitten über dem herausschießenden Wasser ein Gasstrom ungehindert herausdrang.

Hierbei muß sich in Folge des Losreißens der schmiedeeisernen Führungsschienen oder durch ein gewaltsames

Abgleiten derselben an dem Sandsteinmauerwerke eine so starke Reibung entwickelt haben, daß sich hinreichende Funken erzeugten, um den Gasstrom zu entzünden.

Dies geschah Alles in so schneller Aufeinanderfolge, daß die auf der zum Auskarren der Erde in der Baugrube angelegten Brücke befindlichen Arbeiter von der Flamme versengt wurden, ehe die Mehrzahl derselben im Wasser den Tod fand.

Inzwischen war durch eine, an einer umgebrochenen Säule befindliche Führungsschiene am Rande und an der Decke des Gasometers ein Loch durchgestoßen worden, so daß sich das ausströmende Gas sofort durch die darunter brennende Flamme entzündete und die Flamme schweifartig über den Gasometer hoch in die Luft schlug.

Durch diese Gasverluste ward der Wasserabschluß der Gasbehälterglocke wieder ein größerer und verhinderte unten den Gasaustritt, weshalb die untere Flamme verlöschte, während die obere ungefähr eine halbe Stunde fortbrannte und zwar so lange, bis der Gasvorrath, sowie das Wasser im Bassin sich soweit gemindert hatte, daß der untere Rand der Glocke auf dem Bassinboden aufzusitzen kam. Der Gasdruck verminderte sich dann sofort und schlug die Flamme unter die Decke; durch die entstandene Hitze ward das Gas so gewaltsam und plötzlich ausgedehnt, daß die Glocke sich plötzlich ca. 5 Fuß erhob, die Flamme nochmals auch unten zu allen Seiten herausschlug und der Gasbehälter dann auf den Boden so hinstürzte, daß die Mantelfläche vollständig aufgestaucht und durch den Wasserstrom aus der Maueröffnung herausgedrängt wurde.

Bei dieser Erhebung fand der Bruch der übrigen Säulen und deren Umsturz bis auf die, der entstandenen Maueröffnung entgegengesetzt stehenden 3 Säulen statt. —

Betrachten wir nun diese Katastrophe näher und finden wir die Zerstörung des Bauwerkes sehr bedeutend, so muß es auffällig sein, daß nach Außen hin eine zerstörende Wirkung gar nicht stattfand und selbst in den nur ca. 30 Fuß entfernten Gebäuden nicht einmal eine Fensterscheibe zertrümmert wurde.

Dies rührt einzig davon her, daß keine Gasexplosion stattfand; es konnte aber auch, wie sich aus Nachstehendem ergeben wird, keine Explosion stattfinden.

Es waren allerdings hier nicht weniger als 186500 Cubikfuß Gas in Vorrath, und wenn man erwägt, daß die Gasexplosionen, von welchen seiner Zeit in öffentlichen Blättern aus Berlin, Pest, Stuttgart und noch vor Kurzem aus Meißen berichtet wurde, nur durch Ausströmungen aus unbedeutenden Oeffnungen erfolgten, wobei die in Frage kommende Gasmenge der obigen gegenüber nur eine sehr geringe sein konnte, so muß man schließen, daß die hier vorhandene Gasmenge genügt haben würde, um die Häuser bis in den Grund zu erschüttern und in den umliegenden Gebäuden eine große Anzahl Fensterscheiben zu zerstören.

Ueberdies war das Ereigniß am 18. Mai d. J. unter den ungünstigsten Umständen erfolgt, und bestanden dieselben vorzüglich in folgenden:

1. der Gasbehälter war beinahe vollständig mit Gas gefüllt;
2. die Katastrophe trat plötzlich ein, es konnte daher nichts geschehen, um dieselbe abzuwenden oder zu mindern, man mußte eben vom ersten Eintritt an Alles sich selbst überlassen;
3. das ausströmende Gas ward sofort durch Funken entzündet;
4. erhielt die Gasometerglocke einen bedeutenden Druck durch das ausfließende Wasser in einer Richtung;
5. der zeitige Verlust der Führungen.

Trotz alledem kam es zu keiner Explosion. Leuchtgas explodirt nämlich nur dann, wenn es zuvor mit atmosphärischer Luft gemischt ist und entzündet wird, und zwar in einem Verhältniß von 4 bis 10 Raumtheilen atmosphärischer Luft auf ein Theil Leuchtgas; bei einer Mischung von 6 Theilen atmosphärischer Luft auf 1 Raumtheil Leuchtgas ist die Explosion am heftigsten. Bei einem geringeren Theile an atmosphärischer Luft verbrennt das Gas nur, je nach dem Luftgehalt, mit einer mehr oder weniger blauen Flamme.

In die Gasometerglocke, welche auf dem Wasser schwimmt, und in welcher selbstverständlich nur reines Leuchtgas aufbewahrt wird, kann aber keine Luft eintreten, weil durch das Gewicht der Glocke das Gas unter einer etwas höheren Spannung, als der der Atmosphäre, befindlich ist (hier unter 4 Zoll Wassersäule Ueberdruck oder 1,009 Atmosphäre). Ist also in der Gasometerglocke ein Leck, so kann nur Gas entweichen, aber nie Luft eindringen.

Ein solcher Fall fand 1849 bei der Belagerung von Wien statt, wo eine Kanonenkugel durch den Gasometer schlug, ohne eine Explosion zu bewirken. Es entstand nicht einmal eine Entzündung, vielmehr fiel der Gasbehälter nur schnell so weit in das Wasser, daß die Löcher einige Zoll unter den Wasserspiegel kamen.

Steht aber die Gasometerglocke unten auf und sind keine Löcher oder Lecke vorhanden, oder wenigstens sehr unbedeutende, und läuft das Wasser aus dem Bassin, so wird durch das Fallen des Wasserspiegels die Spannung im Gasometer eine negative; es wird das Gas verdünnt und der Druck der Atmosphäre wirkt nun von Außen auf die Glocke, welche, sobald die Widerstandsfähigkeit derselben geringer wird, wie der Luftdruck vollständig zusammengedrückt wird, wie dies 1848 in der englischen Gasanstalt zu Berlin nach dem Zerspringen eines eisernen Bassins erfolgte.

Ist aber ein Leck oder Loch, oder sind mehrere dergleichen vorhanden und steht die Glocke auf dem Bassinboden auf, so wird die Luft an den tiefen Stellen und an den Rändern der Löcher eintreten, das Gas aber an den oberen und in der Mitte der größeren horizontalen Löcher ausströmen.

Um jedoch eine derartige Mischung herzustellen, wie oben als explodirbar bezeichnet wurde, ist eine viel längere Zeit erforderlich, da unter den gedachten Umständen das Gas nur in Folge seines geringeren specifischen Gewichts und ohne eine andere Druckerhöhung ausströmt, und diese Differenz des specifischen Gewichtes sich um so mehr verringert, je mehr sich das Gas mit atmosphärischer Luft mischt.

Die Dauer der ganzen Katastrophe am 18. Mai war aber nur eine sehr kurze, weshalb sich trotz der vorhandenen größeren Oeffnungen keine explodirende Mischung bilden konnte, vielmehr gestattete eben die größere Oeffnung das Hereinschlagen der Flamme und brannte das Gas hierbei vollständig aus, wie sich aus dem Erscheinen blauer Flammen im Innern noch kund gab, nachdem die Gasometerglocke vollkommen ruhig auf dem Bassinboden auflag.

So sehr also dieser Unfall zu bedauern ist, so glaube ich doch, durch vorstehende Betrachtung das richtige Maaß für die Gefährlichkeit einer Gasometer-Anlage für die Umwohnenden erläutert zu haben. Man hat nämlich nicht die Explosion eines freistehenden Gasbehälters, sondern nur das entstehende Feuer zu berücksichtigen. Anders verhält es sich bei überbauten und schlecht ventilirten Gasometern; dort kann sich durch Gasausströmungen im Innern der Gebäude eine explodirende Mischung bilden und, wo keine Ventilation vorhanden ist, auch verhalten, welche durch Hinzutreten mit Licht entzündet werden kann, weshalb auch der Eintritt mit Licht in solche Gebäude unter allen Umständen zu verbieten ist.

Dresden, den 27. Mai 1866.

G. M. S. Blochmann,
Commissionsrath, Inhaber einer Fabrik für Gasapparate u. s. w.

Ueber die Locomotivenbau-Anstalt zu Crewe.

(Hierzu Tafel 20, 21 und 22.)

Durch gütige Vermittelung des Herrn F. A. Paget in London, welchem wir bereits die im vorigen Bande des „Civilingenieur" mitgetheilte interessante Abhandlung über die Abnutzung der Dampfkessel verdanken, sind wir in den Besitz mehrerer Zeichnungen von Werkzeugmaschinen aus der großen Locomotivenbau-Werkstatt zu Crewe gelangt, welche wir auf den beiliegenden Tafeln mit Benutzung der von Herrn Paget im „Engineer" Nr. 527, 528 und 529 gegebenen Beschreibung dieser Werkstätten und Maschinen und unter Hinzufügung einiger weiteren Details unsern Lesern hierdurch mittheilen.

Die Bedeutung der Werkstätten zu Crewe geht genügend daraus hervor, daß sie die hauptsächlichsten, und binnen Kurzem die einzigen Maschinenbauwerkstätten der großen London- und North-Western-Eisenbahn, der bedeutendsten und sicher gegenwärtig der rentabelsten englischen Eisenbahnlinie, sind. Dieses großartige Unternehmen, welches sich allein mit der Anwendung aller Hilfsmittel der Ingenieurwissenschaften auf die Beförderung von Reisenden und Gütern beschäftigt, repräsentirt ein dreimal so großes Capital als die Bank von England und hat einen monatlichen Umsatz von mehr als einer halben Million Pfund Sterling. Von der gesammten, etwa 6500 Stück betragenden Zahl von Locomotiven in den Vereinigten Königreichen befinden sich 1200 Stück im Besitze dieser Linie, sodaß die Maschinen-Ingenieurs der London- und North-Western-Eisenbahn ungefähr 20 Procent sämmtlicher in England, Schottland und Irland laufenden Locomotiven in Stand zu halten haben. Mit welchem Erfolge dies zu Crewe geschieht, ist allen Ingenieurs hinreichend bekannt und wir sind überzeugt, daß die dortigen Constructionen eine immer allgemeinere Anwendung finden werden. Die Locomotivenbauwerkstätten zu Crewe haben daher eine noch höhere wissenschaftliche Bedeutung, als sie ihrer Ausdehnung nach beanspruchen können.

Außer der im Jahre 1843 eröffneten Locomotivenbauanstalt befindet sich in Crewe noch ein Walzwerk für Schienen nach dem eisernen Oberbausystem und großartige Werke zur Erzeugung von Bessemerstahl, gegenwärtig die größten Anlagen dieser Art, welche uns ebenso musterhaft erschienen sind, als die Locomotivenbauanstalt. Sie stehen in einiger Entfernung von Letzterer und es werden jetzt Vorbereitungen

zur Anlage neuer Locomotivenbauwerkstätten in der Nähe der Stahlwerke getroffen. Wenn diese Anlagen vollendet sein werden, so sind dann die hauptsächlichsten Werkstätten zur Erzeugung der Rohfabrikate und zur Reparatur der Maschinen in Crewe concentrirt, während die Wolvertonwerke dann lediglich zum Wagenbau verwendet werden sollen. Uebrigens sind gegenwärtig bereits mindestens 4000 Arbeiter in Crewe beschäftigt und 10000 Mann, deren Wochenlohn mindestens 11000 Pfd. Sterl. beträgt, stehen unter der Direction des Ingenieurs der London- und North-Western-Eisenbahn, Mr. John Ramsbottom, für dessen außerordentliche Leistungen wir hier unsere höchste Bewunderung auszusprechen uns gedrungen fühlen. Als schlagendsten Beweis für die Verdienste dieses Ingenieurs ist das Steigen der Actien dieser Bahn anzusehen, denn das Gedeihen eines derartigen Unternehmens hängt wesentlich von der Pflichttreue und geistigen Begabung des Vorstandes ab. Directionstalent und Erfindungsgeist werden gewöhnlich für zwei verschiedene geistige Fähigkeiten angesehen und nur selten verbunden gefunden, aber Mr. Ramsbottom zeigt eine ebenso hervorragende Begabung zur Anstellung der unter ihm stehenden 10000 Arbeiter, als zum Construiren und Repariren der mehr als Tausend ihm unterstellten Locomotiven, sowie zum Erfinden und Bauen von Hilfsmaschinen, durch welche diese Arbeiten billiger als in andern Werkstätten ausgeführt werden. Wir wollen uns hier auf Letzteres beschränken und werden in Crewe Beweise genug für Bacon's Behauptung finden, daß große Erfolge durch gesundes Urtheil (judgement) und Erfindungsgabe bedingt sind. Nur durch die Verbindung solcher Geisteskräfte ist diejenige Einfachheit der Construction zu erreichen, welche ebensosehr die Seele des Maschinenbaues ist, als Kürze die Seele des Witzes ist. Bei der Beschreibung der meisten Maschinenbauanstalten hat man meist nur eine leichte Aufgabe zu erfüllen, indem man nur eine gewisse Anzahl allgemein bekannter Hilfsmaschinen aufzuzählen braucht; wenn man aber den Werkstätten zu Crewe gerecht werden will, so ist dies eine schwere Aufgabe und man bedarf dazu eines ganzen Portefeuilles von Zeichnungen und wir fühlen daher, daß wir trotz der vortrefflichen Führung, welche uns durch die Güte der Herren Webb und Stubbs zu Theil wurde, und trotz der großen Zuvorkommenheit, mit welcher uns das Copiren mehrerer Zeichnungen gestattet wurde, von dem vielen Sehenswürdigen in Crewe nur ein sehr unvollkommenes Bild zu geben im Stande sein werden.

Die jetzige Montirwerkstatt kann 24 Maschinen aufnehmen, ist 240 Fuß lang und 80 Fuß tief. Die Maschinen stehen über Gruben und in 4 Reihen längs der Halle, welche durch eine Reihe Säulen in der Mitte in zwei Abtheilungen geschieden wird. Wie gewöhnlich erfolgt die Beleuchtung durch Oberlichter. Zur Vermittelung der Communication dienen 4 Laufkrahne von 25 Tons Tragkraft, welche nach Ramsbottom's Construction mittelst Seil ohne Ende getrieben werden. Die Reparaturwerkstätten bedecken 6000 Quadratyards Fläche und bieten Raum für 70 Maschinen. 8 Laufkrahne à 25 Tons Tragkraft sind ebenfalls auf den Betrieb mit Seil ohne Ende eingerichtet, ein System, welches seit 1861 hier eingeführt ist. Es werden jährlich 100 neue Maschinen fertig und eben so viel Maschinen befinden sich hier immer gleichzeitig in Reparatur. Die Schmiede- und Schlosserwerkstatt bedeckt 5000 Quadratyards. Im Hofe befindet sich eine Putzmaschine, nämlich eine rotirende Trommel, und mehrere von Knaben bediente Scheeren, welche die Abfälle in die geeignete Länge zu den Packeten schneiden. Die 12 Flammöfen (air furnaces) stehen paarweise und die abziehenden Gase dienen zum Heizen von Cylinderkesseln, welche zwischen je 2 Oefen liegen. Die Schmiede- und Schlosserwerkstatt enthält 15 Dampfhämmer von 6 bis 50 Ctr. Gewicht und über 100 Schmiedefeuer, wovon 20 zur Radfabrication dienen. Außer den gewöhnlichen käuflichen Eisensorten werden 4000 Tons Abfälle verarbeitet. Die Kesselschmiede bedeckt nahezu 2000 Quadratyards Fläche und wird wie die Radfeuer durch einen Laufkrahn mit 6 Tons Tragkraft und Bewegung durch Seil ohne Ende bedient. Man arbeitet mit Dampfnietmaschine und fertigt außer den Tendern und Reparaturen jährlich über 120 neue Locomotivkessel.

Wenn man irgend eine Fabrikanlage besucht, so sieht man sich zunächst nach den Transportmitteln für Materialien und Fabrikate, nach den Vorrichtungen zum Heben und Montiren, kurz nach den angewendeten Communicatiosmitteln um. Ebenso wie die Verkehrsmittel eines Landes der Maaßstab für den Wohlstand seiner Einwohner sind, so sind in kleinerem Maaßstabe die Communicationsmittel eines Fabriketablissements, caeteris paribus, die Bürgen für seine Rentabilität. Ersparnisse an Zeit und kostspieliger Handarbeit, wie sie durch gute Circulationsmittel erzeugt werden, sind nicht leicht aus den Rechnungsbüchern zu ersehen, aber demungeachtet beruht in den meisten Fällen der Profit eines starken Umsatzes großentheils auf systematischen Communicationsmitteln. Wenn man eine Fabrikanlage als ein Individuum ansieht, so sind die Vorrichtungen zum Hin- und Herschaffen der Arbeiter und Materialien mit der Circulation des Blutes zu vergleichen. Die Nothwendigkeit der Transporterleichterungen wächst mit der Schwere der zu bewegenden Gegenstände und deshalb sollten Eisen- und Maschinenwerkstätten in dieser Beziehung mit den vollkommensten Vorrichtungen versehen werden.

Die in Crewe angewendeten Communicationsmittel — wenn man dieses Wort in seiner weitesten Bedeutung auffaßt — sind die vollkommensten und systematischsten, und

wir können wohl sagen, originellsten, welche wir irgendwo gesehen haben. Erstens sind nämlich alle Werkstätten zu ebner Flur gelegen, so daß fast gar kein Heben in höhere Etagen nöthig wird. Es wäre interessant, die Betriebskosten zweier Werkstätten vergleichen zu können, welche im Uebrigen gleich eingerichtet wären, von denen aber die eine zu ebner Erde, die andere in mehreren Stockwerken übereinander angebracht wäre, und wir sind überzeugt, daß Letztere nicht lange mit der zu ebner Erde gebauten Werkstatt zu concurriren im Stande sein würde. Da die Anlagen zu Crewe allmälig entstanden und nicht nach einem ursprünglichen Plane gebaut sind, so ist das Princip, daß die Stücken niemals rückwärts bewegt werden sollen, vielleicht nicht ganz so streng durchgeführt, als es Hr. Ramsbottom wünschen mag, derselbe hat aber dafür einen sehr originellen und einfachen Weg eingeschlagen, um die Materialien und Maschinentheile in der bequemsten Weise leicht fortzuschaffen. Es ist nämlich durch die Hauptwerkstätten ein Eisenbahngeleis mit 18 Zoll Spurweite gelegt, auf welchem eine kleine Locomotive mit Trucks läuft, und es muß Wunder nehmen, daß diese einfache Vorrichtung nicht schon früher mehrfach in solchen Werken, wo schwere Gegenstände auf große Entfernungen zu transportiren sind, Anwendung gefunden hat; zumal da man schmalspurige Locomotivbahnen bei Steinkohlengruben schon längst verwendet. Mr. Ramsbottom hat diese Transportmethode so vortheilhaft gefunden, daß die neue Bessemerstahlfabrik in der Nähe durchgängig mit einer schmalspurigen Bahn versehen wird. Der Radstand der Maschinen beträgt nur 3 Fuß, so daß sie bequem Curven von 15 Fuß Radius durchlaufen; sie ziehen Lasten von 12 bis 15 Tons und können mit Hilfe besonders gebauter Trucks sogar 7′6″ige Radstücken (wheel forgings) und auf der Kante stehende Tyres fortschaffen. Die Maschinen haben $4^1/_4$ Zoll weite innenliegende Cylinder mit 6 Zoll Hub, und ihr Kessel unterscheidet sich von den gewöhnlichen Locomotivkesseln dadurch, daß er keine viereckige Feuerkiste besitzt. Der cylindrische Theil ist 4′ $6^3/_4$″ lang und 2′ weit und enthält ein 1′ $5^1/_4$″ weites, 2′ $5^5/_8$″ langes Feuerrohr, eine Construction, welche sich ihrer Billigkeit, Festigkeit und Bequemlichkeit wegen beim Repariren für transportable landwirthschaftliche Maschinen besonders empfehlen dürfte.

Die Vorrichtungen zum Heben von Maschinentheilen beim Montiren oder Repariren, sowie in der Kesselschmiede und Radschmiede sind nicht weniger bemerkenswerth. Mr. Ramsbottom's Laufkrahne sind auch bereits in mehreren großen Werken nachgeahmt worden, so unter Anderem zu Elswick. Beim ersten Anblick zeigen dieselben nichts Auffallendes; man bemerkt nur einen schwachen horizontalen Stab, welcher zu beiden Seiten der Halle nahe unter den Kehlbalken des Daches hinläuft, bei näherer Betrachtung erkennt man aber, daß dieser scheinbare Stab ein mit der Geschwindigkeit von 60 Miles pro Stunde getriebenes Seil ist, welches die gesammte Kraftübertragung bewirkt. Wenn man diese Vorrichtung in Gang sieht, so drängt sich sofort die Frage auf, ob dieser Mechanismus nicht auch zu andern Zwecken Verwendung finden könne, und wenn jemals Dampfpflüge beim Landbau Eingang finden sollten, so wird es nur mit Hilfe leichter und so schnell getriebener Seile möglich sein. Man hat in Crewe zwei Arten von Laufkrahnen: solche mit Längenbewegung an der Decke im Maschinen- und Kesselbau-Atelier und solche mit Ausleger in der Radbauanstalt; erstere können 25, letztere 4 Tons Gewicht heben. Da durch die große Geschwindigkeit des Seiles eine sehr große Kraft in einer äußerst bequem zu handhabenden Form zur Aeußerung gelangt, so kann der schwere Laufkrahn durch einen einzigen auf der Plattform stehenden Mann gelenkt werden, welcher aller Bewegungen vollkommen Herr ist. Bei den Krahnen mit Ausleger geht ein Mann daneben her. Von beiden Krahnen hat Herr Ramsbottom vor einigen Jahren im Institute der Maschinenbauingenieure in London eine ausführliche Beschreibung geliefert. Die an der Decke angebrachten Laufkrahne haben 40′ Spannweite, 270′ Längenbewegung und laufen in 16′ Höhe vom Boden auf parallelen Eisenbahnschienen. Werden die Seile bei Wetterveränderung oder durch Dehnung schlaff, so werden sie durch eine am Ende der Werkstätte angebrachte, von einem horizontalen Schlitten, welcher längs der Giebelmauer des Gebäudes ca. 34 Fuß Weg zurücklegen kann, getragene Spannrolle mit Zuggewicht wieder gespannt. Der Rahmen der Laufkrahne ist aus Hölzern, welche mit Eisen armirt sind, gefertigt. Der Mechanismus für die Längenbewegung besteht aus einer doppelten Frictionsscheibe, welche an die verticale Welle der treibenden Rolle, über welche das Seil läuft, angesteckt ist, und die Welle sammt Führung wird von einem doppelten Hebel getragen, welcher mit einem kurzen Hebel an der horizontalen Welle verbunden ist. Mittelst eines längs dieser Welle gleitenden Hebels wird eine Frictionsscheibe gehoben oder gesenkt, je nachdem sie oben oder unten mit dem Frictionsrade in Berührung gebracht und eine Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung des Krahnes bewirkt werden soll, während die Uebertragung auf die Kettenrolle durch Zahnradvorgelege erfolgt. Die eigentliche Winde (crab) besteht aus ein Paar gußeisernen Böcken, welche die Kettentrommel und das übrige Vorgelege tragen, und läuft mittelst 2 Paar Spurkranzrädern auf Eisenbahnschienen, welche am Rahmen befestigt sind. Hier ist ebenfalls eine Rolle mit 2 Rinnen an einer verticalen Welle angebracht, welche dadurch in Bewegung gesetzt wird, daß das Seil durch Leitrollen in die eine oder andere Rinne hineingedrückt wird. Die Rinnen sind von verschiedenem Durchmesser, um für

das Hinablassen eine geringere und für das Anholen eine größere Geschwindigkeit erzeugen zu können, und wenn das eine oder das andere von beiden Seiltrummen, welche sich nach entgegengesetzten Richtungen bewegen, auf derselben Seite der Rolle angedrückt wird, so erfolgt die Umkehr der Bewegung. Der Mechanismus zur Bewegung in der Querrichtung ist ähnlich demjenigen zum Heben, und beide Arten von Bewegung (Längen- und Querbewegung) erfolgen mit 30 Fuß Geschwindigkeit pro Minute.

Die Laufkrahne mit Ausleger beherrschen einen Kreis von $8^1/_2$ Fuß Radius und eine Bahn von 120 Fuß Länge; sie sind unten durch eine einzige am Boden befestigte Schiene und oben durch ein Paar gewalzte Träger von ⊢-Form geführt. Das Betriebsseil ist im Raume hin- und zurückgeführt und geht fast um die Triebrolle jedes Krahnes herum, während die Vorrichtung zum Spannen des Seiles ebenso wie bei den andern Laufkrahnen eingerichtet ist. Die Triebrolle ist an einer in der Axe der Krahnsäule angebrachten verticalen Welle befestigt, von welcher alle Bewegungen ausgehen; das Nähere dieser Einrichtung ist jedoch ohne Zeichnungen nicht wohl verständlich zu machen. Die Geschwindigkeit des Triebseiles beträgt 5000 Fuß pro Minute und seine Spannung 218 Pfund oder 109 Pfund für jedes Trumm. Die Seile sind aus Baumwolle gefertigt, wiegen ca. $1^1/_2$ Unzen pro Fuß und sind neu $^5/_8$, gedehnt $^9/_{16}$ Zoll stark. Sie sind bereits 8 Monate in Gang und ihre Abnuzung scheint hauptsächlich von der Zahl der Biegungen, welche sie bei so großer Geschwindigkeit zu machen genöthigt sind, abhängig zu sein, weshalb man den Triebrollen nie unter 18″ Durchmesser giebt. Blos die Preßwalzen der Seile für die erstbeschriebenen Laufkrahne sind 8″ hoch. Die Rinnen der Triebrollen haben V-Form mit 30° Winkel an der Spitze, und da sie daselbst enger als das Seil sind, so ist dieses wie zwischen schiefe Ebenen eingeklemmt. Von Zeit zu Zeit sind unter den Seilen kleine gußeiserne Tröge zum Tragen angebracht. Mr. Ramsbottom legt großes Gewicht darauf, daß alle Rollen eben so sorgfältig wie Ventilatorräder balancirt sind, und glaubt, daß diese Art der Bewegungsübertragung außerdem nicht glücken könne, da die Rollen bei so großen Geschwindigkeiten sonst nicht gleichförmig laufen und jedenfalls ein sehr häßliches Geräusch verursachen würden. An den Rollen sind Führungen angebracht, damit kein Unglück passirt, wenn das Seil abrutschen sollte. Die Laufkrahne mit Ausleger sollen in der Radbauanstalt bei der Accordarbeit eine Ersparniß von nicht weniger als 300 Pfd. Sterl. jährlich herbeigeführt haben. In der Montirwerkstatt sind die mit dem Abrichten der Cylinder beschäftigten Schlosser in Stand gesetzt, die Cylinder mittelst einer langen, an der Decke angebrachten Welle mit verschiedenen daran hängenden Ketten zu heben, indem diese Ketten bei der Drehung der Welle, welche beliebig in Gang gesetzt und angehalten werden kann, auf- oder abgewickelt werden. Wir bemerkten auch, daß Weston's Differentialflaschenzug bei mehreren Drehbänken sehr nützlich verwendet wurde, indem die obere Flasche an einer querübergelegten T-Schiene befestigt war, um die Planscheibe zu bedienen.

Was die Werkzeugmaschinen anlangt, so ragt unter den größeren eine sehr ingeniöse und zweckmäßige Maschine zum Ausschneiden der Kurbeln an gekröpften Locomotivaren hervor. Bekanntlich werden Kurbelwellen von größerer Stärke gewöhnlich in der Weise geschmiedet, daß die Kurbel als solider Block daran hängt und der Zwischenraum nachher herausgeschnitten werden muß. Manche Maschinenbauer ziehen es vor, die Wellen der Locomobilen so zu biegen, wie die Kurbelarme es verlangen, indem sie es als Vorzug betrachten, daß in diesem Falle die Fasern des Metalles nicht zerschnitten werden. Um diese hypothetische Schwächung zu neutralisiren, werden auch bisweilen auf jeden Kurbelarm der Locomotivaxe Bänder aufgeschrumpft und, wenn dies auch vielleicht nicht nöthig ist, so ist es doch gewiß, daß Stäbe von Walzeisen in der Längenrichtung oft mehr Widerstand zu leisten im Stande sind, als normal zu den Fasern. Wie das indessen auch sein mag, sicher kann man doppelt gekröpfte Locomotivaren nicht gut anders ausschmieden als mit Blöcken, aus welchen die Kurbeln auszuschneiden bleiben. Hierbei wird gewöhnlich so verfahren, daß man die Axe auf eine Nuthstoßmaschine (slotting m.) nimmt und zwei Nuthen in dem gehörigen Abstande einstößt, wobei ein oder zwei Meisel zugleich arbeiten, worauf das überflüssige Metall durch Eintreiben von Keilen herausgebrochen wird. Der resultirende Kurbelzapfen ist dann im Querschnitt quadratisch und muß noch auf der Drehbank abgedreht werden. Mr. Ramsbottom erfand und erbaute aber im vorigen Jahre eine Maschine, durch welche diese Arbeit mehr auf maschinenmäßige Weise und rascher verrichtet wird, indem sie die Kurbelzapfen derartig kreisförmig herstellt, daß alle Vorarbeit für das Drehen wegfällt.

Diese Maschine ist auf Tafel 20 dargestellt, der Raumersparniß wegen jedoch das treibende Vorgelege weggelassen worden. Ihrem Prinzip nach besteht sie aus einer großen Fräse, welche auf einer zur Kurbelaxe parallelen Welle sitzt, während die Kurbelaxe eine langsame Rotationsbewegung in entgegengesetzter Richtung zur Fräse macht und Letztere der Ersteren genähert werden kann. Auf einem Drehbankgestell, welches an der einen Seite mit einer verschiebbaren Docke versehen ist, sind parallel zu der feststehenden Docke und in einigem Abstande davon die Lager zu einer massiven Schwinge angebracht, an welcher die rotirende Fräse befestigt ist. Letztere kann hiernach durch entsprechende Stellung der Schwinge der auszuschneidenden Kurbel mehr oder weniger genähert werden. Am andern Ende der Bank befindet sich ein von

der Haupttransmission mittelst Schraube getriebenes großes Wurmrad, an welches eine Stufenscheibe angeschraubt ist, welche eine ähnliche Stufenscheibe gegenüber treibt. Letztere setzt eine an ihrer Welle sitzende Schraube ohne Ende in Umdrehung, welche in ein Wurmrad eingreift, und Letztere treibt wieder mittelst einer Schraube ohne Ende ein großes auf der Spindel der festen Docke sitzendes Wurmrad und mit diesem die zwischen die beiden Spitzen eingespannte Kurbelaxe. Die erwähnte Schwinge kann mittelst einer Stange mit linkem und rechtem Gewinde in die gewünschte Entfernung von dem zu bearbeitenden Stücke eingestellt werden.

Die hauptsächlichsten Maaße sind in die Zeichnung eingeschrieben. Was die Geschwindigkeit des arbeitenden Werkzeuges anlangt, so erfolgt eine Umdrehung in 65 Secunden, was 11,5 Fuß Geschwindigkeit pro Minute giebt. Sind bei einer zu bearbeitenden doppelten Kurbelaxe beide Kurbeln schon auf der Nuthstoßmaschine ausgeschnitten, und ist das Mittelstück ausgebrochen, so wird sie mittelst der beschriebenen Maschine in 11½ bis 13½ Stunden fertig gemacht; ist die Axe aber noch ganz roh, so dauert ihre Vollendung 25 Stunden.

Bei der Bearbeitung gerader Axen wird durch eine von Greenwood & Batley in Leed angegebene Maschine zum Abschneiden mehrerer Axen auf gleiche Länge viel Arbeit erspart. Wir sahen 11 Axen auf einer festen Tafel befestigt, deren Enden durch eine Anzahl Stähle, welche an einer rotirenden Planscheibe mit Querbewegung befestigt waren, abgeschnitten wurden. Nach dem Härten werden die Flächen der Axschenkel dadurch abgeschliffen, daß man sie gegen einen auf einem Schlitten ruhenden und mit großer Geschwindigkeit rotirenden Schleifstein dreht.

Die großen Drehbänke werden bis auf ihre äußerste Productionsfähigkeit ausgenutzt; wir sahen beispielsweise nicht weniger als 7 Stähle beim Abdrehen einer Welle beschäftigt.

Eine im Jahre 1864 dem Mr. F. W. Webb patentirte Maschine zum Ausdrehen der Innenfläche der Reifen der Locomotivräder ist eine ganz besondere Hilfsmaschine für den Locomotivenbau, wahrscheinlicherweise dürfte sie sich auch zum Abdrehen anderer Schmiedeeisentheile, welche sich mit großer Geschwindigkeit drehen und daher vollkommen balancirt sein müssen, sehr nützlich erweisen. Die Mühsamkeit und Kostspieligkeit des Beschabens und Feilens der Innenseite der schmiedeeisernen Räder behufs ihrer Reinigung ist genügend bekannt, sowie daß die Feilen dabei stark mitgenommen werden. Will man aber die Arbeit des Zurichtens vermindern, so muß dafür dem Schmied mehr zugemuthet werden und es ist allgemein anerkannt, daß Schmiedearbeiten, welche bis nahe zu den richtigen Dimensionen getrieben werden, in Folge kalten Hämmerns sehr leicht hammerhart und spröde werden. Hierzu kommt, daß gegenwärtig beim Maschinenbau das allgemeine Streben darauf gerichtet ist, die kostspielige Schmiedearbeit zu vermindern und mehr Material als früher stehen zu lassen, welches dann durch von Dampf getriebene Werkzeugmaschinen hinweggenommen wird.

Zu dieser Art von Maschinen gehört auch die Radreifenhobelmaschine, von welcher wir auf Tafel 21 Zeichnungen geben, und welche ein Rad mit $^1/_{12}$ von den Kosten fertig machen soll, welche die Handarbeit verursacht. Am einen Ende des ebenen Maschinengerüstes sind die arbeitenden Theile gelagert, auf dem übrigen Raume der Bank wird das zu bearbeitende Rad befestigt. Der oscillirende Hebel, mittelst dessen die innere Fläche des Rades abgehobelt wird, liegt in einem an die feste Docke angegossenen Stuhle. Dasjenige Ende dieses Winkelhebels, welches den Meisel trägt, ist versehen mit einem Träger, in welchem der Meisel sitzt. Letzterer wird mittelst Preßschraube befestigt und da er innerhalb gewisser Grenzen in größere oder geringere Entfernung von der Axe des Trägers eingestellt werden kann, so kann der Radius der zu hobelnden Krümmung verlängert oder verkürzt werden. Der andere Arm des Hebels ist geschlitzt und es bewegt sich ein metallener Gleitblock darin, welcher einem stellbaren Radius entspricht, indem er in einer Nuth an einer Scheibe liegt, welche am Ende einer, mittelst Zahnradvorgelege von der Hauptwelle mit den Riemenscheiben aus getriebenen horizontalen Zwischenwelle steckt. Das Wagenrad wird beim Hobeln von ein Paar auf einem Schlitten sitzenden Rollen, eine zu jeder Seite des Stahles, getragen und durch einen Mechanismus gedreht, wie er bei verticalen Hobelmaschinen angewendet zu werden pflegt. Auf diese Weise läßt sich aber nur die Innenfläche des Rades abhobeln, in den Winkeln mit den Radspeichen muß dagegen anders verfahren werden. Es wird nämlich dann die Drehbewegung angehalten und der Stahl selbst in eine Bogenbewegung von kleinem Radius versetzt. Dies geschieht mittelst des über dem Werkzeugträger angebrachten Wurmrades. Wird dieses nämlich mittelst einer auf seine Axe aufgesteckten Kurbel per Hand gedreht, so kann der Arbeiter damit die Curve ausschneiden, worauf die Maschine wieder zum Abhobeln des Rades zwischen den nächsten beiden Speichen eingestellt wird.

Bei dieser Maschine bezahlt man zu Crewe $^7/_8$ eines Tagelohnes (à 3 shilling 6 pence) für das Abrichten eines Paares fünffüßiger Räder; andere Räder werden im Verhältniß des Durchmessers bezahlt.

Unter den größeren Werkzeugmaschinen befinden sich auch Exemplare von der großen verticalen Bohrmaschine von Beyer & Peacock, welche bei der Ausstellung vom Jahre 1862 im westlichen Annex zu sehen war.

Für eine Menge Arbeiten sieht man zu Crewe kleine, dort erfundene Maschinen, welche anderswo kaum angewendet sein dürften. Hierunter ist von besonderer Bedeutung die seit 1861 in Gang befindliche Maschine zum Geraderichten und Centriren der kupfernen Stehbolzen der Locomotivenfeuerbüchsen, durch welche kein unbeträchtlicher Theil von Handgeschicklichkeit erspart und ein gelinder Druck an die Stelle der gewiß das Kupfer oft beschädigenden Hammerschläge gesetzt wird, was möglicherweise bei der großen Ductilität des Kupfers seine Festigkeit verbessern kann. Zeichnungen dieser Maschine giebt Tafel 22, und zwar ist Fig. 1 eine Seitenansicht, Fig. 2 eine Vorderansicht, Fig. 3 ein verticaler Durchschnitt, und Fig. 4 ein Grundriß mit theilweisem Durchschnitt. Diese Maschine ist von Herrn John Ramsbottom angegeben worden, dessen Gefälligkeit wir auch die mitgetheilten Zeichnungen verdanken. Sie besteht aus einer Drehbank-ähnlichen Docke, in welcher 3 kleine Walzen liegen. Hiervon sind zwei unmittelbar übereinander angebracht und mit aufgesteckten Stirnrädern versehen, in welche ein drittes auf einer hintenliegenden Welle sitzendes Zahnrad eingreift. Die dritte Walze ist beweglich, indem sie an einer excentrischen Welle sitzt und daher mittelst der an beiden Enden ihrer Welle aufgesteckten Hebel den ersteren beiden Walzen genähert, oder von ihnen entfernt werden kann. Der natürlich parallel zu den Walzen in die Maschine gelegte kupferne Stehbolzen wird durch Andrücken der Hebel zwischen die drei Walzen gepreßt, wobei er zwischen ihnen gewalzt und gerichtet wird. Ist dies geschehen, so muß er noch behufs des Einspannens zwischen den Drehbankspitzen centrirt werden und dies geschieht, während der Bolzen von den drei Walzen gefaßt ist. In dieser Stellung wird nämlich gegen seine beiden Enden mittelst Handkurbel und Schraube, welche gerade so wie beim Reitstock einer Drehbank eingerichtet sind, eine viereckige Körnerspitze angedrückt, wodurch auch die auf der linken Seite befindliche Spitze in den Bolzen eindringt. Beim Zurückziehen der Walze und der Schraube fällt der Stehbolzen unten aus der Maschine heraus und ist nun fertig für die Drehbank (chasing lathe). Die Stirnräder und die Büchsen für die Körnerspitzen sind von Schmiedeeisen gefertigt.

Eine andere von den vielen von Ramsbottom erfundenen Hilfsmaschinen ist die seit 1854 in Gang befindliche Hobelmaschine für die Führungslineale. Bekanntlich ist es eine sehr kostspielige Sache, einen geschickten Schlosser, den man mit etlichen 30 Shillings pro Woche lohnen muß, zum Abrichten derartiger Theile zu verwenden, wobei noch überdies viele Feilen abgenutzt werden. Hierfür wendet man nun zu Crewe eine Maschine an, bestehend aus einem Troge, in welchem das Führungslineal befestigt wird, während ein messingenes Polirrad, welches mit feinem Schmirgel und Oel gespeist wird, der Quere nach über seine Fläche hinstreicht.

Ein Werkzeug, welches ebenfalls viel Schaben und Feilen erspart, ist die im Jahre 1861 von Hrn. Ramsbottom entworfene Ausdornmaschine zum Viereckigmachen der Schraubenlöcher in Cylinderdeckeln, Rohrflanschen u. dgl. Sie besteht aus einem Mechanismus zum Eintreiben eines langen zulaufenden und gewissermaßen treppenförmig gezahnten Dornes, dessen Arbeitsfläche 14 Zoll lang und mit Zähnen von $^3/_8$ Zoll Theilung versehen ist, während das kreisförmige Ende gleichen Durchmesser, wie das viereckig zu machende Loch besitzt. Dieses Werkzeug ist an einem Bär befestigt, welcher vertical in einer langen, an einem stehenden und mit dem Tische für das Arbeitsstück verbundenen Träger angebrachten Büchse arbeitet.

Weiter haben wir der besonderen tragbaren Cylinderspiegelhobelmaschine zu gedenken*), welche in den Reparaturwerkstätten der London- & North-Western-Eisenbahngesellschaft zu Crewe zum Abrichten uneben gewordener Arbeitsflächen an Locomotivcylindern angewendet wird und wegen der Leichtigkeit, mit welcher sie angebracht werden kann, sowie wegen ihres Betriebes durch Maschinenkraft in einem Tage mehr Arbeit verrichten kann, als ein Mann in einer Woche. Viele kleinere Maschinen sind in der oberen Etage über einer der Werkstätten aufgestellt und so einfach und selbstthätig eingerichtet, daß eine Menge kleiner Knaben dabei beschäftigt werden können, was dieser Werkstatt den Scherznamen „Kinderstube" zugezogen hat. Wir sahen hier eine einfache Vorrichtung zum raschen Abdrehen von Unterlagsscheiben (washers), durch welche einfache Operation in der Regel viel Zeit verloren wird, weil die damit beschäftigten Lehrlinge oft nach dem Zirkel greifen und wohl gar die Drehbank anhalten müssen. Hier ist dies dadurch vermieden, daß auf der der bearbeiteten Fläche entgegengesetzten Seite der Scheibe eine kleine, an einem Charnier hängende Lehre aufgehangen ist. Kommt nun eine rohe Scheibe in die Drehbank, so lehnt diese Lehre dagegen, der Winkel, den sie mit dem Horizont bildet, wird aber immer kleiner, je mehr der Schneidstahl vorrückt, und sobald der letzte Spahn weggenommen ist, fällt die Lehre durch, was dem Knaben zeigt, daß der beabsichtigte Durchmesser erreicht und die Scheibe fertig ist.

Die zahlreichen erforderlichen Etiquetten werden in einer Manier dargestellt, welche den glücklichen Actionären manches Pfund Ausgaben ersparen muß. Denen, welche Blanchard's Copirdrehbank bekannt ist, wird das hier angewendete Verfahren sogleich einleuchten. Es werden nämlich zwei ähnliche Etiquetten gleichzeitig auf einer Bohrmaschine

*) In Nr. 527 des „Engineer" theilt Herr Paget eine Abbildung dieser Maschine mit.

mit 2 Spindeln geschnitten. Der Tisch ist beweglich und wird mittelst eines Modelles nach den erforderlichen Curven und Buchstaben verschoben, während das Gegenstück der Etiquetten gebohrt oder mit Bohrer vertieft geschnitten ist. Diese Maschine wird mit Hand bewegt und fertigt in einem Tage mehr Arbeit, als 10 geschickte Graveurs zu fertigen im Stande wären.

Beim Drehen von Schraubenmuttern geht durch das Anhalten und Ingangsetzen der Drehbank beim Abnehmen des fertigen Stückes viel Zeit verloren. Diese Zeit wird durch eine Vorrichtung an der Drehbank, bei welcher eine Zange vorgeht und die Mutter von außen faßt, erspart, indem die fertige Mutter, wenn sie rascher umgedreht wird, als das Werk, schnell entfernt wird. Auf diese Weise ist die Leistung der Drehbank auf das Dreifache erhöht worden.

Eine andere kleine Maschine ist bestimmt zum Bearbeiten der Bolzenköpfe, auf deren elegante Form die Freunde guter Arbeit einen so großen Werth legen. Durch dieselbe wird eine vollkommene Gleichförmigkeit in der Gestalt dieser Köpfe erzielt, ohne daß dabei das aufhältliche Drehen nach der Chablone erforderlich ist. Das Werkzeug sitzt am kurzen Ende eines zweiarmigen, in Kugelgelenk gehenden Hebels, dessen langes Ende durch eine vergrößerte Chablone geführt wird.*)

In einer andern Abtheilung der Anstalt sahen wir einige Wandbohrmaschinen von sehr einfacher, fast roher Arbeit, mit denen aber eine sehr rasche Einstellung des Arbeitsstückes zu erreichen war. Der Tisch bewegt sich dabei in paralleler Linie zur Wand auf ein Paar Schienen, von denen die eine V förmig ist.

Die Tischler- und Modellirwerkstätten sind mit einem sehr vollständigen Sortiment von Holzbearbeitungsmaschinen ausgerüstet, worunter wir eine nach dem Nuthbohrmaschinen-Princip construirte Zapfenlochmaschine hervorheben wollen. Die Hammerhelme für die Schmieder und Schlosser werden auf einer Blanchard'schen Drehbank gefertigt und nach einem von uns noch nirgends sonst gesehenen Verfahren geglättet. Es ist dies eine Nachahmung der gewöhnlichen Schmirgelscheibe. Ueber dem gußeisernen Rande der Scheibe liegt ein Streifen lockeres Tuch (sponge-cloth), dann kommt braunes Papier und zu äußerst Leinwand. Diese Scheibe ist mit Leim und Glaspulver bestreut und bildet so ein vortreffliches Polirmittel für die hölzernen Helme, kann auch mindestens eine Woche lang benutzt werden.

Wir kommen nun noch zu gewissen Werkzeugen, welche für ganz specielle Arbeiten in den Locomotiven-Reparaturwerkstätten bestimmt und so eingerichtet sind, daß sie ohne großes Auseinandernehmen angepaßt werden können. Hierher gehört die schon erwähnte Maschine zum Abhobeln der Cylinderspiegel und eine nach demselben Princip gebaute Maschine für die Gleitblöcke (horn blocks), welche so lang ist, daß sie die beiden entgegengesetzten Gleitblöcke gleichzeitig bearbeitet. Ueber die Leistung dieser Maschinen führen wir an, daß ein Arbeiter damit einen Schieberspiegel in einem Tage abrichten kann. Als Treibriemen dient eine Baumwollenschnur, welche von der längs der Mitte des Saales hinführenden Transmissionswelle aus getrieben wird. Die Schnurscheibe besteht aus zwei Hälften und kann somit überall aufgesteckt werden. In derselben Weise wird auch die Cylinderbohrmaschine zum Nachbohren der Cylinder betrieben, bei welcher übrigens die Bewegung des Stahles in der gewöhnlichen Weise bewirkt wird.

Zum Abschneiden der messingenen Rauchröhren dient eine der kleinen Maschinen von Kendall & Gent, doch hat Herr Ramsbottom noch ein anderes sehr einfaches und kräftiges Instrument zu diesem Behufe gebaut, welches mittelst eines in die Hohlung passenden runden Zapfens in die Rohre bis zu der beabsichtigten Tiefe hineingeschoben und dann an einer Handhabe darin herumgedreht wird, wobei eine durch eine starke Feder nach außen gedrückte Schneide, die in einer Nuth dieses Instrumentes liegt, die Röhre abschneidet.*)

Da die Cylinder die wichtigsten Theile einer Maschine sind, so ist die Herstellung derselben auch die wichtigste Arbeit in den Drehereien. Es werden hierbei an verschiedenen Orten verschiedene Methoden befolgt und über den Werth dieser Manipulationen kann eigentlich nur dann ein competentes Urtheil gefällt werden, wenn man die Gestehungskosten bei gleicher Güte der Arbeit zu vergleichen im Stande ist. In der Gorton Foundry (Beyer, Peacock & Co.) werden zunächst die Deckelflanschen auf der Drehbank abgedreht, um eine sichere Basis für die weitere Bearbeitung zu erhalten. Zu dem Ende und um den Cylinder in der Drehbank einspannen zu können, werden zunächst in die beiden Cylinderenden zwei conische Zapfen eingesteckt, welche gewöhnlich leicht geschroten sind (chipped out), indem vorher eine kreisförmige Marke für den Arbeiter hergestellt worden ist. Durch die conischen Zapfen geht eine Eisenstange, welche mittelst Schrauben angezogen wird, worauf der Cylinder accurat eingespannt und auf den Flanschen abgedreht werden kann. Nachdem er dann mit diesen Flanschen an der Planscheibe fest gemacht ist, wird er ausgebohrt. Nun sind noch die Schieberspiegel und Schieberkastenflanschen abzuhobeln, wobei die Adjustirung in der Maschine sofort in der Art bewirkt wird, daß die abgedrehten Flanschen an Knacken mit entsprechenden Flanschen,

*) Eine Abbildung dieser Vorrichtung theilt Herr Paget in Nr. 529 des „Engineer" mit.

*) Eine Abbildung dieses Instrumentes findet sich in Nr. 529 des „Engineer."

welche auf den Tisch der Hobelmaschine aufgeschraubt sind, befestigt werden.

Etwas abweichend ist die in Crewe übliche Methode. Die Cylinder werden nämlich zuerst gebohrt, gewöhnlich paarweise, und dann abgehobelt. Die Schraubenlöcher werden nach Chablonen hergestellt, was von großer Wichtigkeit ist, wenn es sich um die Einwechselung eines Cylinders handelt, und die Accuratesse ist so groß, daß öfters Einwechselungen vorgenommen worden sind, ohne daß der neue Cylinder im Mindesten angepaßt zu werden brauchte. Als Kolben wird nur der wohlbekannte leichte Ramsbottom'sche Kolben gebraucht, welcher einfach aus einem leichten gußeisernen Kolbenkörper mit drei schmalen Liderringen aus Eisendraht besteht.

Um den Schieberflächen eine größere Dauer zu sichern, bedient man sich des bemerkenswerthen Kunstgriffes, daß in diese Flächen $^3/_8$ Zoll weite und $^1/_2$ Zoll tiefe, schwach conische Löcher in $^3/_4$ Zoll Abstand voneinander eingebohrt werden, welche man dann mit Patentmetall ausgießt. Muthmaaßlich erzeugt die glättere Oberfläche weniger Reibung, und jedenfalls ist diese Methode zur Verminderung der raschen Abnutzung der Schieber sehr beachtenswerth.

In der Gießerei wird Jobson's bekannter Kipptisch beim Gießen der Maschinenbuffer verwendet. Auch die messingenen Axlagerschalen werden mittelst einer Maschine gegossen, welche aber anders gebaut ist. Man hat hier blos einen Formkasten, durch welchen das Modell von unten herausgenommen wird, wenn der Sand eingestampft ist. Die kleinen Bleipfropfen für die Decke der Feuerkisten werden nach einem Verfahren hergestellt, welches man doppelten Plattenguß nennen könnte. Das an einer Platte befestigte Modell wird durch ein anderes gezogen, welches dann weggenommen wird. Die Weißmetallfutter für die Excenterringe werden in besonderen gußeisernen Formen gegossen und ihre daraus hervorgehende genaue Uebereinstimmung der Form gestattet dann eine sehr schnelle Einwechselung solcher Futter.

Derjenige Schmied, welcher das erste ganz schmiedeeiserne Eisenbahnwagen-Rad hergestellt hat, muß ein ganz ausgezeichneter und denkender Arbeiter gewesen sein, und obwohl die Herstellung derartiger Räder jetzt eine gewöhnliche Sache der Uebung geworden ist, so sieht man noch immer ein gehörig gerichtetes schmiedeeisernes Rad als ein Meisterstück des Schmiedes an; vor wenig Jahren verstand man sie auf dem Continent noch gar nicht anzufertigen und wendet selbst jetzt noch vielfach schwere gußeiserne Naben an. Die hiesige Fabrikationsmethode unterscheidet sich nicht wesentlich von derjenigen anderer großer Werke. Man schmiedet zunächst die Speichen unter dem Dampfhammer roh aus, und vollendet sie dann in besonderen gußeisernen Gesenken, damit alle Speichen genau gleich werden, was deshalb nothwendig ist, weil die Nabe aus den am einen Ende der Speichen angeschmiedeten Segmenten gebildet wird. Hierauf werden die einzelnen Kranzstücken, welche den Reif bilden, an die einzelnen Speichen, welche dabei in ein Paar Blöcken unter dem Hammer liegen, angeschweißt. Soll das Rad ein Trieb- oder Kuppelrad werden, so wird die Kurbel an eine der Speichen angeschweißt. Nun werden die verschiedenen Theile zusammengestellt, ein Ring mit Schraube zum Zusammenziehen darum gelegt, das Rad über das kreisförmige Schmiedefeuer gelegt und Schweißhitze auf die Nabe gegeben, sodaß diese verbunden werden kann. Dann werden die Speichen gerade gerichtet und genau gestellt, ehe der Reif zusammengeschweißt und fertig gemacht wird. Endlich ist noch die Nabe zu vollenden, indem auf jeder Seite eine Nabenscheibe aufgelegt wird. Es geschieht dies unter einem besonders hierauf eingerichteten Dampfhammer, dessen Dampfcylinder an ein Paar von Säulen getragener Balken angeschraubt ist, damit überall freier Zugang sei. Wir haben noch zu erwähnen, daß diese Art von Dampfhammer in großen Schmiedewerkstätten immer mehr Eingang findet, und daß die kreisförmigen Herdfeuer zum Zusammenschweißen der Naben mit einer besonderen, ihre Wirksamkeit sehr erhöhenden Vorrichtung versehen sind. Dieselbe besteht in einer Art von Kappe oder dachförmigem Reflector, nämlich aus einem ziemlich rechtwinklig gebogenen und mit Chamotteziegeln gefütterten Bleche, welches dem Herde beliebig genähert werden kann und durch Bedeckung des Feuers die gasförmigen Verbrennungsproducte so zusammenhält, daß sich sehr schnell Schweißhitze erzielen läßt. — Eine andere beachtenswerthe Manipulation ist die, daß die Speichen der Räder beim Schweißen der Nabe mit Gußsand, statt mit Cokesstückchen gefüllt werden, was auch eine bessere Concentration der Hitze zur Folge hat.

Die in den größeren Locomotivenbauanstalten verwendeten Federn werden gewöhnlich von Sheffield bezogen; da jedoch die London- und North-Western-Eisenbahngesellschaft jetzt selbst Stahl erzeugt, so findet sie es vortheilhafter, sich ihre Federn selbst zu fertigen, und man hat in Crewe schon längst von selbstbereitetem Bessemerstahl Eisenbahnwagenfedern dargestellt. Bezüglich der Construction der Federn ist anzuführen, daß die einzelnen Blätter auf der einen Seite mit einer vortretenden Nase gefertigt werden, welche auf der andern Seite eine Versenkung bilden, und daß daher die Schwächung durch den Bolzen, welchen man gewöhnlich anwendet, wegfällt. Jedes Blatt wird ferner heiß durch ein von J. Brown & Co. zu Sheffield geliefertes Walzwerk mit einer excentrischen Walze hindurchgelassen, um es an den Enden dünner zu machen. Beim Einlegen der Blattenden in die Maschine wird die Nase in der Mitte in eine Versenkung davon eingelassen. Die Oefen zum Glühen

der Blattfedern haben auf jeder Seite sechs Thüren. Bemerkenswerth ist es, daß die Werkstatt mittelst eines in einiger Entfernung von der Seite aufgestellten Schirmes, welcher eine Schicht schlecht leitender Luft absperrt, auffallend kühl erhalten wird. Jede Feder wird in eigenthümlicher Weise probirt. Bekanntlich geschieht dies gewöhnlich so, daß die beiden Enden der Feder in einer ordinären Federprobirmaschine eingespannt und die Einbiegungen mittelst eines graduirten Hebels und Gewichts gemessen werden. Dieses ganz richtige Verfahren würde für ein Werk, welches 10000 Federn jährlich braucht, zu langsam sein; man probirt die Federn daher mittelst eines eingemauerten horizontalen Dampfcylinders, dessen Kolbenstange mit ihrem Ende als Stempel zur Ausübung des Druckes auf die Mitte der Feder dient, während die Größe des Druckes annähernd durch das am Dampfcylinder angebrachte Manometer gemessen wird. Unzweifelhaft hat diese Methode den Vorzug, daß sie eine rasche und plötzliche Einbiegung der Feder bewirkt, welche derjenigen, die sie auf der Bahn zu erfahren haben, sehr ähnlich ist, eine genaue Belastung der Federn läßt sich aber auf diese Weise nicht bewirken.

Als ich das beschriebene Werk besuchte, wurde an einer Maschine zum Abrichten der ganzen Oberfläche der Locomotivrahmen gebaut, wodurch die Arbeit von 8 oder 10 Tagen erspart werden wird, welche jetzt das Anpassen der verschiedenen Knaggen verlangt. Diese neue Maschine, welche die angegebene Arbeit verrichten soll, kann als eine Combination der gewöhnlichen Locomotivrahmenstanzmaschine und des Schleifsteins bezeichnet werden. Das Stück wird unter einen Schleifstein von 4 Fuß Durchmesser gebracht, welcher an einer verticalen Welle sitzt und in einem Troge arbeitet, in welchem die Platte unter Wasser liegt.

Auf der London- und North-Western-Eisenbahn werden jährlich nicht weniger als 800 Tons Roststäbe verbraucht und es ist daher passend erschienen, dieselben mittelst eines speciellen Walzwerkes herzustellen. Es befindet sich hierzu und zu ähnlichen Zwecken ein zehnzolliger Walzenstrang, welcher durch eine nach Locomotivenart gebaute Dampfmaschine mit 2 Cylindern getrieben wird, in der Schmiede.

Es wurde oben des einfachen Verfahrens Erwähnung gethan, welches man anwendet, um die Hitze der Federfabrikräume abzuhalten, wir wollen nur hier noch eines empfehlenswerthen Verfahrens gedenken zur Erhaltung einer gesunden Temperatur in der Schmiedewerkstatt. Letzteres besteht einfach darin, daß man aus dem Ventilator etwas Wind in diesen Raum einströmen läßt, wodurch die Temperatur vermindert und ein Luftwechsel erzeugt wird, welcher für die Arbeiter um so wohlthätiger ist, da jetzt fast allgemein eiserne Schmiedefeuer verwendet werden. Aus der gleichen wohlwollenden Absicht haben die Oefen in der Messinggießerei eine Oeffnung im obern Theile nahe der Gicht (mouth), welche mit dem hinteren Hauptcanale communicirt. Der hierdurch erzeugte Zug entfernt den Metallrauch, ehe er in die Atmosphäre treten und sie verschlechtern kann.

Unter diesen und andern Vorkehrungen, welche dafür Bürgschaft ablegen, wie sehr Hr. Ramsbottom für das Wohl seiner Arbeiter besorgt ist, möchten wir auch die Methode, nach welcher das Wochenlohn ausgezahlt wird, anführen. Das Auslohnen kostet in den meisten Fabriken viel Zeit und nöthigt die Arbeiter nicht selten, noch eine Stunde Zeit mehr zu opfern für die Empfangnahme des bereits verdienten Lohnes. Diesem Uebelstande wird durch eine sehr einfache Einrichtung vorgebeugt. Es sind nämlich erstens die vorhandenen circa 5000 Arbeiter in zwei Abtheilungen getheilt, wovon die eine jeden Freitag zu Mittag, die andere Abends ausgelohnt wird, wenn sie die Thore des Etablissements verläßt. Hierdurch werden zweierlei Vortheile erreicht, nämlich daß diejenigen, welche ihr Geld in den Wirthschaften zu verthun geneigt sind, keiner ganz so starken Verführung ausgesetzt sind, als wenn sie das Lohn gerade vor dem halben Feiertage am Sonnabend und dem Ruhetage am Sonntag erhalten hätten. Das mechanische Arrangement, wodurch es ermöglicht wird, daß in 20 Minuten nicht weniger als 2000 Arbeiter ausgezahlt werden, besteht einfach darin, daß zeitweilig vor die Thore vier kleine hölzerne Zahlhäuser gestellt werden, in welchen in den diagonalen Ecken je zwei Commis mit Geld sitzen. Jeder vorübergehende Arbeiter weiß, wo er seine Nummer abzugeben hat und empfängt dagegen sein Geld, wodurch das ganze Warten in langer Reihe, welches nothwendig ungeduldig machen muß, erspart wird.

Ein weiteres Zeugniß für die höchst systematische Leitung des ganzen Etablissements ist die Anwendung einer Garnitur von Wächtercontroluhren, welche an verschiedenen Punkten des Gebäudecomplexes angebracht sind. Manches schöne Etablissement ähnlicher Art ist in Folge der Vernachlässigung ähnlicher Sicherheitsmaaßregeln schon abgebrannt. Quis custodiet ipsos custodes? und ein Nachtwächter unterliegt oft der Versuchung, einzuschlafen, da er alles in voller Sicherheit wähnt. George Stephenson soll die Nachtwächter angehalten haben, alle bei Tage gefallenen Späne und Abschnitzel über Nacht wegzuräumen und soll sie bei der geringsten Versäumniß wieder haben aus den Betten holen lassen. Er genoß aber auch davon den Nutzen, daß seine Werke zu Newcastle niemals abgebrannt sind, während die daneben liegende Fabrik der Herren Hawthorne, in welcher diese Vorsichtsmaaßregel nicht geübt wurde, mehrfachen Brandcalamitäten ausgesetzt gewesen ist.

Mit den Stahlwerken steht ein chemisches Laboratorium in Verbindung, doch werden Analysen der Speise-

wässer und andere ähnliche Untersuchungen auf Kosten der Locomotivenbauanstalt ausgeführt. In gleicher Weise sind für den Bessemer-Proceß von einem Zeichner des Hrn. Ramsbottom unter Anleitung des Professor Roscoe in Manchester Data über die Anwendung des Spectroskopes gesammelt worden, welches man ferner noch anwendet, um für die gewöhnlichen Cupolöfen der Gießerei die besten Mischungen von Eisensorten zu ermitteln.

Die Masse von Fett und eingetrocknetem Oel, welche sich im Laufe der Zeit in Maschinenanlagen sammelt, ist oft sehr bedeutend, besonders wenn die Maschinen nicht recht reinlich gehalten werden. So etwas ist bei der London- und North-Western-Eisenbahn nicht der Fall, man findet es aber vortheilhaft, die Schmiere von den alten Lagerschalen durch Sieden abzulösen, und es geschieht dies in einem Bottich mit heißem Wasser, aus welchem das Fett nachher abgeschöpft wird. Früher verkaufte man dasselbe, jetzt macht man aber Seife für das Werk daraus.

Daß in den Werken zu Crewe keine neue Maschine mit Speisepumpen versehen wird, ist gewiß ein sehr gutes Zeugniß für den praktischen Werth des Injectors; man kann vielleicht behaupten, daß in dem ganzen Etablissement kaum eine Speisepumpe mehr existirt, indem auch für die stationären Kessel Injectoren verwendet werden. Und doch beträgt der totale Wasserverbrauch dieser Werke täglich von 600000 bis 700000 Gallonen. Das Wasser kommt 11 Miles weit her von Whitmore, wo es aus einem im rothen Sandstein niedergesunkenen Brunnenschachte geschöpft wird, und ist so rein (es soll blos 5 Grains inorganische Theile in der Gallone, und gar keine organischen Theile enthalten), daß hierdurch die Dauer der Kessel sehr verlängert werden muß.

Schlüßlich wollen wir noch bemerken, daß ohne Zweifel im ganzen Maschinenbau bei der Fabrikation der Locomotiven die beste Gelegenheit zur Anwendung besonderer Werkzeugmaschinen gegeben ist. Besonders wird dies für Crewe gelten, wo die Fabrikation sich nur auf zwei oder drei verschiedene Systeme von Locomotiven beschränkt und also die Möglichkeit geboten ist, automatische Processe in viel ausgedehnterem Maaße als in Privat-Locomotivbauanstalten, welche sich den unaufhörlich wechselnden Specificationen ihrer verschiedenen Besteller fügen müssen, durchzuführen. Bei alledem sind manche von Mr. Ramsbottom's Erfindungen von allgemeiner Anwendbarkeit und sicherlich sind noch nirgends dem Maschinenbauer in Locomotivenbau-Anstalten so vielfache und zweckmäßige Werkzeugmaschinen zu Hilfe gekommen als in Crewe.

Ueber die mechanischen Eigenschaften des Wasserdampfes.

Von

H. Résal, Bergingenieur in Paris.

(Hierzu Tafel 28.)

(Nach den Annales des Mines, 6. série, tome VIII, 6. livr. de 1865.)

Die gewöhnliche Berechnung der theoretischen Leistung der Expansions-Dampfmaschinen beruht auf der Annahme, daß der ursprünglich gesättigte Wasserdampf während der Expansion dem Mariotte'schen Gesetze folge und also eine constante Temperatur behalte. Wenn man aber annimmt, daß der gesättigte oder wenigstens dem Sättigungszustande nahestehende Wasserdampf sich wie ein permanentes Gas verhalte, was eigentlich nicht der Fall ist, so muß man voraussetzen, daß seine Temperatur in Folge davon, daß die verloren gehende oder in Arbeit umgesetzte Wärme durch die Wärme der Cylinderwände wieder ersetzt wird, constant erhalten bleibe. Dies ist aber selbst bei Anwendung von Dampfhemden nicht wohl denklich, denn da der Dampf kein guter Wärmeleiter ist, so wird wegen der Geschwindigkeit des Kolbens, selbst wenn dieselbe auf das geringste praktisch zulässige Maaß eingeschränkt wird, die aus den Cylinderwandungen ausströmende Wärme nicht tiefer in die Dampfmasse einzudringen im Stande sein.

Da Umhüllungen einen andern hauptsächlichen Erfolg nicht haben, als die Abkühlung des Cylinders zu vermindern und die Zahl der Ursachen zur Condensation der Dämpfe zu verringern, so kann man auch annehmen, daß die Expansion nach demselben Gesetze erfolgt, als wenn der Cylinder aus einem gegen die Wärme undurchdringlichen Stoffe bestünde. Unter solchen Umständen condensirt sich aber, wie einige Versuche zu beweisen scheinen, ein Theil des Dampfes

bei der Expansion und der Dampf behält also constant seine Maximalspannung, während er immer mehr und mehr erkaltet. Daß dies in der That der Fall sei, werden wir weiter unten auf Grund der gegenwärtig immer allgemeiner als richtig anerkannten mechanischen Wärmelehre beweisen.

Es zeigt sich aber dann, daß das Gesetz der Expansion ein anderes sein müsse, als das zeither zu Grunde gelegte; indessen nähert es sich dem Letzteren bei solchen Expansionsgraden, welche nicht die Grenzen der gewöhnlichen Praxis überschreiten, in ziemlichem Grade, sodaß die mittelst des Watt'schen Indicators, dessen Angaben freilich über diese Grenzen hinaus nicht mehr zuverlässig sind, weil dieses Instrument nicht genügend empfindlich ist, abgenommenen Diagramme annähernd stimmen. Für stärkere Expansionsgrade nimmt der Druck stärker ab, als dies nach dem Mariotte'schen Gesetze der Fall sein sollte, und wird bald von gleicher Größe mit den passiven Widerständen, welche der Dampfkolben bei der Bewegung im Cylinder findet. So übertriebene Expansionsgrade, wie sie gewisse Maschinenbauer vorgeschlagen haben, und welche nur anf einer unrichtigen Theorie fußen, auch vom Watt'schen Indicator nicht angezeigt werden, sind also zu verwerfen, wie es schon von jeher die Ansicht anderer, nicht minder wissenschaftlich gebildeter Constructeurs gewesen ist.

Beobachtet man bei günstiger Beleuchtung einen in die Atmosphäre ausströmenden Dampfstrahl, so bemerkt man, daß er aus einem spitz zulaufenden Kern mit gezacktem Umfang (à tenture serrée) besteht, welcher mit einer Hülle von flockigem Dampf umgeben ist, welche auf Kosten des Kernes immer mehr hervortritt, je mehr man von der Austrittsöffnung nach außen sieht. Ganz in der Nähe dieser Oeffnung, da wo die flockige Hülle noch nicht sehr wahrnehmbar ist, scheinen die Flüssigkeitstheilchen sich in paralleler Richtung zur Axe zu bewegen und der Querschnitt wächst mit dem Ueberdruck der innern Pressung über dem atmosphärischen Drucke, also mit dem effectiven Drucke. Während dieser Querschnitt des Strahles erst kleiner als derjenige der Austrittsöffnung ist, was einem Minimum oder einer Contraction für einen schwachen effectiven Druck entspricht, wird dieser Querschnitt bald ein Maximum, welches mit dem Drucke wächst. Nach dem weiter oben ausgesprochenen Princip muß der Strahl in dem Querschnitte, wo die Fäden parallele Bewegungen besitzen, aus Wasser und Dampf von 100° bestehen, was übrigens auch die mattweiße Farbe des Strahles und einige Versuche bestätigen, welche ich vor einigen Jahren mit Hr. Minary mittelst leichtflüssiger Compositionen angestellt habe.

Hiervon ausgehend habe ich eine Formel aufgestellt, welche merkwürdigerweise zeigt, daß der Ausflußcoefficient, d. h. das Verhältniß zwischen dem Querschnitt der parallelen Geschwindigkeiten und der Ausflußöffnung, für Oeffnungen in der dünnen Wand, conische und divergente Mundstücken, eine lineäre Function des effectiven Druckes ist; die Coefficienten dieser Function*) variiren nur innerhalb enger Grenzen. Da sich diese Formel nicht blos an die Versuche anschließt, sondern auch mit den secundären Ergebnissen harmonirt, so scheint die Theorie, auf der sie beruht, richtig zu sein, weil dieselbe aber etwas unbequem für die Anwendung ist, so glaube ich meine Arbeit dadurch abschließen zu müssen, daß ich an ihrer Statt einige einfachere und elegantere empirische Formeln mittheile.

§. 1. Von der Expansion.

1. **Gesättigter Dampf bleibt, wenn er Arbeit verrichtend expandirt wird, constant bei der Maximalspannung.** — Sei in einem beliebigen Augenblicke der Expansionsperiode

- t die Temperatur einer aus Wasserdampf bestehenden Flüssigkeitsmasse,
- x das Gewicht Dampf, welches 1 Kilogramm von dieser Masse enthält,
- p der auf den Kolben ausgeübte Druck,
- γ das specifische Gewicht des gesättigten Dampfes bei t^0,
- $\alpha = 0{,}00367$ der Ausdehnungscoefficient der Gase,
- $A = 425$ Meter-Kilogramme das mechanische Wärme-Aequivalent,
- $c = 1 + \frac{4}{10^5} t + \frac{9}{10^7} t^2$ die specifische Wärme des Wassers bei t^0 und
- $r = 606{,}5 - 0{,}695\, t - \frac{2}{10^5} t^2 - \frac{3}{10^7} t^3$ die entsprechende latente Wärme der Verdampfung.

Bekanntlich hat man für die totale Wärme des gesättigten Wasserdampfes bei t^0 den Ausdruck:

$$606{,}5 + 0{,}305\, t = r + \int_0^t c\, dt.$$

Die totale Wärme von 1 Kilogramm der betrachteten Flüssigkeitsmasse ist:

$$x\,(606{,}5 + 0{,}305\, t) + (1 - x) \int_0^t c\, dt = r x + \int_0^t c\, dt$$

und der unendlich kleine Zuwachs, welcher der Temperaturzunahme dt entspricht, ist:

$$r\, dx + x\, dr + c\, dt.$$

Diese Größe vermehrt um den Quotienten in A, der elementaren Arbeit des Druckes, welche der Veränderung des Volumens entspricht, muß das Resultat Null geben. Da nun das vom Wasser eingenommene Volumen sehr

*) Berechnet nach den Ergebnissen der im 18. Bande der Annales (deutsch im Civilingenieur, Band VIII.) mitgetheilten Versuche.

gering ist im Verhältniß zum Volumen des Dampfes, so kann man für diese Arbeit ohne merklichen Irrthum setzen:

$$p\,d\frac{1}{\gamma} = d\frac{p}{\gamma} - \frac{1}{\gamma}\,dp$$

und erhält somit:

$$\frac{r\,dx}{dt} + \frac{x\,dr}{dt} + c = -\frac{1}{A}\left(\frac{d\frac{p}{\gamma}}{dt} - \frac{1}{\gamma}\frac{dp}{dt}\right). \qquad (1)$$

Vernachlässigt man aber neben der Einheit den sehr kleinen Quotienten aus der Dichtigkeit des Dampfes zu derjenigen des Wassers und bezeichnet man mit k, m, n drei Constante*), so hat man

$$\frac{1}{A}\frac{p}{\gamma} = (m - nk^t)(1+\alpha t),\quad \frac{1}{A}\frac{1}{\gamma}\frac{dp}{dt} = \frac{\alpha r}{1+\alpha t}, \qquad (a)$$

folglich

$$\frac{r\,dx}{dt} + \frac{x\,dr}{dt} + c = (1+\alpha t)\,nk^t\,\mathrm{Logn.}k - (m - nk^t)\alpha + \frac{\alpha r}{1+\alpha t},$$

und hieraus

$$\frac{dx}{dt} - x\frac{dr}{dt} = \frac{-c - m\alpha + nk^t\,[\alpha + (1+\alpha t)\,\mathrm{Logn.}k]}{r} + \frac{\alpha}{1+\alpha t}. \qquad (2)$$

Wenn der Dampf sich bei zunehmender Expansion condensirt, so muß x gleichzeitig mit t abnehmen oder vorstehende Größe positiv sein, was zu prüfen ist:

Man hat aber

$$m = 31{,}549;\quad n = 1{,}0486;\quad k = 1{,}007161;$$

setzt man weiter:

$$M = \frac{-0{,}4208 + [0{,}0385 + 0{,}00325\,(1+\alpha t)]k^t}{r},$$

$$N = \frac{0{,}695}{r}$$

und bezeichnet man mit y das Gewicht $1 - x$ des in der Flüssigkeitsmasse enthaltenen Wassers, so wird aus (2)

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{dy}{dt} = M - Ny. \qquad (3)$$

Nachstehendes Täfelchen zeigt diejenigen Werthe von M und N, welche den in der Praxis selten überschrittenen Temperaturen zwischen 162° und 44° entsprechen.

Tabelle A.

M	t	N	t
0,0015	162° bis 158°	0,0014	162° bis 116°
0,0016	156 „ 132	0,0015	114 „ 102
0,0017	130 „ 112	0,0016	100 „ 60
0,0018	110 „ 86	0,0017	58 „ 44.
0,0019	84 „ 72		
0,0020	70 „ 50		
0,0021	52 „ 46		
0,0022	46 „ 44		

Man sieht hieraus, daß für die in dieser Tabelle enthaltenen Werthe von t oder die entsprechenden Spannungen des gesättigten Dampfes $\frac{dx}{dt}$ positiv ausfallen muß, weil y, welches anfangs 0 ist, stets ein kleiner Bruchtheil bleibt.

Innerhalb der obigen Grenzen läßt sich für den Coefficienten M die Formel:

$$M = \frac{-0{,}0485\,t + 23{,}3}{10000} \qquad (4)$$

anwenden, wobei man gegen die vorstehende Tabelle nur folgende kleine, höchstens 2 Procent betragende Abweichungen erhält:

	Fehler.
für t = 162°	+ 0,00003
156	— 0,00003
132	— 0,00002
110	0,00000
84	+ 0,00002
70	— 0,00001
52	— 0,00002
44	+ 0,00002

Da der Coefficient N nur sehr langsam mit der Temperatur variirt, so kann man ihn als constant und gleich 0,0015 ansehen, wobei man einen um so kleineren Fehler begeht, je kleiner y selbst ist. Das Glied mit Ny kann also auf den Werth von $\frac{dy}{dt}$ keinen Einfluß ausüben, wenn y nicht die nur bei einer sehr starken Expansion vorkommende Größe $^1/_{16}$ erreicht.

Deshalb erhalten wir aus Gleichung (3)

$$\frac{dy}{dt} - 0{,}0015\,y + \frac{23{,}3 - 0{,}0485\,t}{10000} = 0 \qquad (5)$$

und wenn man t_0 die Temperatur beim Beginn der Expansion, wo $y = 0$ ist, nennt, so findet man durch Integriren:

$$y = (3{,}3686 + 0{,}003233\,t_0)\,e^{-0{,}0015\,(t_0 - t)} - 3{,}3686 - 0{,}003233\,t. \qquad (6)$$

Statt diese Gleichung anzuwenden, wird es bequemer sein, eine Tabelle zu berechnen, welche zugleich für einige

*) Vergl. Annales des Mines, 1861, t. XX.

besondere Fälle nützlich ist. Wir nehmen hierzu die Formel:

$$\delta y = (-M + Ny)\,\delta t,$$

wo δy die einer hinreichend kleinen Temperaturänderung δt zukommende Veränderung von y bedeutet. Wir haben $\delta t = -2^{\circ}$ angenommen und vorausgesetzt, daß die Expansion bei 4,971 Atmosphären Druck oder 152° Temperatur beginnt.

Tabelle B.

t^0	δy	$y = \Sigma\delta y$	t^0	δy	$y = \Sigma\delta y$	t^0	δy	$y = \Sigma\delta y$
152	0,0000	0,0000	116	0,0033	0,0577	80	0,0035	0,1184
150	0,0032	0,0032	114	0,0032	0,0609	78	0,0035	0,1219
148	0,0032	0,0064	112	0,0032	0,0641	76	0,0035	0,1254
146	0,0032	0,0096	110	0,0034	0,0675	74	0,0035	0,1289
144	0,0032	0,0128	108	0,0034	0,0709	72	0,0035	0,1324
142	0,0032	0,0160	106	0,0034	0,0743	70	0,0036	0,1360
140	0,0031	0,0191	104	0,0034	0,0777	68	0,0036	0,1396
138	0,0031	0,0222	102	0,0034	0,0811	66	0,0036	0,1432
136	0,0031	0,0253	100	0,0034	0,0845	64	0,0036	0,1468
134	0,0031	0,0284	98	0,0034	0,0879	62	0,0036	0,1504
132	0,0031	0,0315	96	0,0034	0,0918	60	0,0036	0,1540
130	0,0031	0,0346	94	0,0034	0,0947	58	0,0036	0,1576
128	0,0033	0,0379	92	0,0033	0,0980	56	0,0036	0,1612
126	0,0033	0,0412	90	0,0033	0,1013	54	0,0036	0,1648
124	0,0033	0,0445	88	0,0033	0,1046	52	0,0037	0,1685
122	0,0033	0,0478	86	0,0033	0,1079	50	0,0037	0,1722
120	0,0033	0,0511	84	0,0035	0,1114	48	0,0037	0,1759
118	0,0033	0,0544	82	0,0035	0,1149	46	0,0037	0,1796
						44	0,0039	0,1835

Aus dieser Tabelle sieht man, daß wenn gesättigter Wasserdampf von 5 Atmosphären Spannung so weit expandirt wird, daß seine Spannung schlüßlich noch 0,1 Atmosphäre beträgt, hierbei ungefähr $^1/_5$ seines Gewichtes zu Wasser condensirt wird.

2. **Verhältniß zwischen dem Expansionsgrade und der Temperatur.** — Sei

V das totale Volumen der Wasser- und Dampfmenge in irgend einem Momente der Expansion,

Q ihr Gewicht,

γ_1 das specifische Gewicht des Wassers, dessen Veränderung mit der Temperatur nicht beachtet wird,

und behalten wir im Uebrigen die früheren Bezeichnungen bei, so hat man, da $V - \frac{yQ}{\gamma_1}$ das vom Dampfe erfüllte Volumen ist,

$$\left(V - \frac{yQ}{\gamma_1}\right)\gamma + yQ = Q, \text{ oder}$$

$$Q = \frac{V\gamma}{1-y}.$$

Bezeichnet man mit dem Inder 0 die auf einen bestimmten Moment der Expansion bezogenen Größen, so hat man

$$\frac{V\gamma}{1-y} = \frac{V_0\gamma_0}{1-y_0}$$

und setzt man $\frac{V}{V_0} = 1 + h$, so ergiebt sich die Beziehung

$$1 + h = \frac{\gamma_0\,(1-y_0)}{\gamma\,(1-y)}. \qquad (8)$$

Nach den Annalen, Bd. XX, S. 358 ist aber

$$\frac{\gamma_0}{\gamma} = \frac{1+\alpha t_0}{1+\alpha t}\cdot\frac{r}{r_0}\cdot\frac{\left(\frac{dp}{dt}\right)_0}{\left(\frac{dp}{dt}\right)}, \qquad (9)$$

folglich hat man

$$h = \frac{1+\alpha t_0}{1+\alpha t}\cdot\frac{r}{r_0}\cdot\frac{1-y_0}{1-y}\,\frac{\left(\frac{dp}{dt}\right)_0}{\frac{dp}{dt}} - 1. \quad (10)$$

Wenn man in diesen Ausdruck die durch Gleichung (6) gegebenen Werthe von y, y_0, diejenigen von r, r_0 als Function der Temperatur mit Berücksichtigung der Interpolationsformel:

$$\operatorname{Log} p = a - b\beta^{t+20} - c\gamma^{t+20},$$

deren Coefficienten von Regnault bestimmt worden sind, einsetzt, so kann man h für jeden Werth von t berechnen.

Da wir aber gerade das Entgegengesetzte suchen und die Gleichung (10) nach t transcendental ist, so ist es besser, h auf dem Wege der Näherung für aufeinanderfolgende und nahe bei einander liegende Werthe von t zu bestimmen, wodurch man eine Tabelle erhält, aus welcher sich für jeden Werth von h annähernd das zugehörige t finden läßt.

Setzt man $t = t_0 + \delta t$, $y = y_0 + \delta y$, $r = r_0 + \delta r$ und vernachlässigt man die Quadrate der Zuwachse δ, so erhält man

$$\delta h = -\frac{\alpha \delta t}{1+\alpha t} + \frac{\delta r}{r} + \frac{\delta y}{1-y} - \frac{\frac{d^2 p}{d t^2}}{\frac{d p}{d t}} \delta t$$

und mit Rücksicht auf den Werth von r und Gleichung (7)

$$\delta h = -\left[\frac{\alpha}{1+\alpha t} + \frac{0{,}695 + \frac{4}{10^5} t + \frac{9}{10^7} t^2}{r} + \frac{M - N y}{1-y} + \frac{\frac{d^2 p}{d t^2}}{\frac{d p}{d t}}\right] \delta t. \qquad (11)$$

Bei der vorliegenden Frage kann man die in Bezug auf M sehr kleinen Größen My^2, Ny^2, $(M-N)y$ vernachlässigen und erhält dann, wenn man

$$D = \frac{\alpha}{1+\alpha t} + \frac{0{,}695 + \frac{4}{10^5} t + \frac{9}{10^7} t^2}{r} + M + \frac{\frac{d^2 p}{d t^2}}{\frac{d p}{d t}}$$

setzt,

$$\delta h = -D \delta t. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Für $\frac{dp}{dt}$ und $\frac{d^2 p}{dt^2}$ haben wir die ersten und zweiten Differenzen der Pressungen der gesättigten Dämpfe in den Regnault'schen Tafeln für Temperaturzunahmen von 1° genommen und hierdurch folgende Werthe von D erhalten:

D	t°
0,04	162 bis 158°
0,05	156 „ 126
0,06	124 „ 98
0,07	96 „ 76
0,08	74 „ 58
0,09	56 „ 44.

3. Expansionstabelle für die gewöhnlichen Spannungen. — Den Expansionsgrad zählen wir wie gewöhnlich durch die Zahl $1+h$ und zwar von da an, wo $y =$ Null ist. Bei den folgenden Tabellen haben wir h successiv um $1/2$ wachsen lassen und also zur Berechnung von δt gesetzt $\delta t = -\frac{1}{2D}$. Neben jede Tabelle haben wir eine andere gestellt, in welcher die nach der alten auf das Mariotte'sche Gesetz basirten Theorie berechneten Werthe angegeben sind und worin, um Verwechselungen zu vermeiden, die Pressung mit p' bezeichnet ist. Die Spannungen p und p' sind in Centimetern Quecksilbersäule ausgedrückt und statt der Arbeit in Kilogrammetern ist der Quotient $\frac{10333\,V_0}{0{,}76}$ substituirt, welcher die Fläche einer Curve darstellt, deren Abscissen die Werthe von h, und deren Ordinaten die p und p' sind. Die angewendete Methode der Quadratur ist die von Parmentier modificirte Poncelet'sche Methode. Eine andere Columne giebt das Verhältniß zwischen der Anfangsspannung p_0 und p, welches uns weiter nützlich sein wird.

Anfangsspannung in Atm.	Expansionsgrad 1+h	−δt	t	p	Arbeit von p	$\frac{p_0}{p}$	p'	Arbeit von p'	Arbeit p / Arbeit p'
6	1,0	0,00	159,25	456,00			456,0		
	1,5	10,00	149,25	351,00		1,40	304,0		
	2,0	10,00	139,25	266,00		1,71	228,0		
	2,5	10,00	129,25	198,50		2,30	182,4		
	3,0	8,33	120,92	153,90		2,96	152,0		
	3,5	8,33	112,59	117,40		3,88	130,3		
	4,0	8,33	104,26	88,50	672,7	5,15	114,0	628,4	1,08
	4,5	8,33	95,93	65,70		6,09	101,3		
	5,0	7,14	88,79	49,90		9,11	91,2		
	5,5	7,14	81,66	37,90		12,00	82,9		

Anfangsspannung in Atm.	Expansionsgrad $1+h$	$-\delta t$	t	p	Arbeit von p	$\frac{p_0}{p}$	p'	Arbeit von p'	$\frac{\text{Arbeit } p}{\text{Arbeit } p'}$
	6,0	7,14	74,51	28,30	778,0	16,36	76,0	813,0	0,95
	6,5	6,25	68,26	21,60		20,73	70,2		
	7,0	6,25	62,01	16,31		28,50	65,1		
	7,5	6,25	55,76	12,30		37,07	60,8		
	8,0	5,56	50,20	9,20	812,4	50,67	57,0	944,5	0,86
	8,5	5,56	44,64	7,00		65,14	53,6		
5	1,0	0,00	152,80	380,00			380,0		
	1,5	10,00	142,80	293,90		1,30	253,3		
	2,0	10,00	132,80	220,50		1,72	190,0		
	2,5	10,00	122,80	162,80		2,33	152,0		
	3,0	8,33	114,47	124,80		3,04	126,7		
	3,5	8,33	106,14	94,20		4,04	108,6		
	4,0	8,33	97,81	64,20	555,6	5,98	95,0	532,8	1,04
	4,5	7,14	90,67	53,70		7,04	84,4		
	5,0	7,14	83,53	40,80		9,27	76,0		
	5,5	7,14	76,39	30,60		12,26	69,1		
	6,0	6,25	70,14	23,40	641,6	16,52	63,3	677,4	0,95
	6,5	6,25	63,89	17,80		21,11	58,4		
	7,0	6,25	57,67	13,30		29,23	54,3		
	7,5	5,56	52,11	10,20		37,27	50,1		
	8,0	5,56	46,55	7,70	671,4	49,35	47,5	786,2	0,85
4	1,0	0,00	144,00	304,08			304,0		
	1,5	10,00	134,00	228,60		1,34	202,6		
	2,0	10,00	124,00	169,10		1,79	152,0		
	2,5	8,33	115,67	129,80		2,34	121,6		
	3,0	8,33	107,34	98,10		3,10	101,3		
	3,5	8,33	99,01	73,40		4,16	86,9		
	4,0	7,14	91,87	56,50	437,90	5,38	76,0	418,6	1,05
	4,5	7,14	84,73	43,90		6,91	67,5		
	5,0	7,14	77,59	32,60		9,21	60,8		
	5,5	6,25	71,34	24,60		12,16	55,3		
	6,0	6,25	65,09	18,80	506,0	16,00	50,7	542,6	0,93
	6,5	6,25	58,84	14,00		21,71	46,8		
	7,0	5,56	53,28	10,80		28,15	43,4		
	7,5	5,56	47,72	8,20		37,17	40,0		
	8,0	5,56	42,16	6,20	533,3	49,03	38,0	626,8	0,85
3	1,0		134,00	228,00			228,6		
	1,5	10,00	124,00	169,10		1,35	152,4		
	2,0	8,33	115,67	129,80		1,76	114,3		
	2,5	8,33	107,34	98,10		2,32	91,2		
	3,0	8,33	99,01	73,40		3,12	76,2		
	3,5	7,14	92,87	58,70		3,90	65,3		
	4,0	7,14	85,73	44,90	330,0	5,07	57,1	314,6	1,05
	4,5	7,14	78,59	33,60		6,71	50,8		
	5,0	6,25	72,34	26,80		8,50	45,7		
	5,5	6,25	66,09	19,60		11,64	40,2		
	6,0	6,25	59,84	14,70	383,7	15,51	38,1	406,0	0,94

Anfangsspannung in Atm.	Expansionsgrad $1+h$	$-\delta t$	t	p	Arbeit von p	$\frac{p_0}{p}$	p′	Arbeit von p′	$\frac{\text{Arbeit } p}{\text{Arbeit } p'}$
	6,5	5,56	54,28	11,30		20,17	35,1		
	7,0	5,56	48,72	8,60		26,51	32,6		
	7,5	5,56	43,16	6,50		38,08	30,5		
	8,0	5,56	37,60	4,80	401,7	47,50	28,5	471,6	0,85
2	1,0		120,00	152,00			149,1		
	1,5	8,33	111,67	113,50		1,34	99,4		
	2,0	8,33	93,34	59,40		2,56	74,5		
	2,5	7,14	86,20	45,40		3,34	59,7		
	3,0	7,14	79,06	34,10		4,90	49,4		
	3,5	7,14	71,92	25,30		6,01	42,6		
	4,0	6,25	65,67	19,20	186,7	7,92	37,3	205,4	0,91
	4,5	6,25	59,42	14,40		10,55	33,1		
	5,0	5,56	53,86	11,20		13,57	29,8		
	5,5	5,56	48,30	8,50		17,88	27,1		
	6,0	5,56	42,74	6,30	209,6	24,12	24,9	265,3	0,79.
	6,5	5,56	37,18	4,70		32,32	22,8		

Mit Hilfe dieser Tabellen sind auf Tafel 23 die ausgezogenen Curven construirt worden, deren Abscissen $1+h$ nach dem Maaßstabe von 20 Millimetern pro Einheit und deren Ordinaten p nach dem Maaßstabe von 1 Millimeter pro Centimeter Quecksilbersäule verzeichnet sind. Jeder Curve ist die Ziffer der Anfangsspannung in Atmosphären und dahinter der Buchstabe d beigefügt. Die zugehörige punktirte Linie mit derselben Ziffer und dem Buchstaben m ist diejenige Curve, welche sich nach dem Mariotte'schen Gesetze ergiebt.

Jede von diesen Curven geht zuerst etwas über der Curve m hin, entfernt sich aber hinter dem Durchschnittspunkte immer mehr davon, und man sieht z. B., daß bei einer Anfangsspannung von 6 Atmosphären und 8,5 facher Expansion der Druck am Ende des Hubes nach unserer Formel nur 7 Centim. Quecksilber betragen würde, während er nach dem Mariotte'schen Gesetze sich auf 54 Centim. belaufen müßte. Außerdem ergiebt sich, daß bei höherer als 7 facher Expansion nicht mehr viel zu gewinnen ist.

Bis zur fünffachen Expansion geben beide Methoden für Anfangsspannungen von 3 bis 6 Atmosphären ziemlich gleichviel Arbeit, ebenso bis zur 2,5 fachen Expansion für 2 Atmosphären Anfangsspannung.

4. Interpolationsformel. — 1) für 6, 5, 4 Atmosphären Anfangsspannung. — Wenn man auf die drei ersten Abtheilungen der letzten Tabelle zurückblickt, so sieht man, daß für jeden Werth von h das Verhältniß $\frac{p_0}{p}$ ziemlich dasselbe bleibt, mag der anfängliche Druck 6 oder 5, oder 4 Atmosphären betragen; man bemerkt überdies, daß der Quotient der beiden ersten aufeinanderfolgenden Differenzen dieses Verhältnisses nur innerhalb sehr enger Grenzen variirt. Wir haben deshalb für obige Werthe der Anfangsspannung die Interpolationsformel:

$$\frac{p_0}{p} = 1{,}75^h$$

angenommen, mit deren Hilfe nachstehendes Täfelchen berechnet ist.

$1+h$	$\frac{p_0}{p}$	$1+h$	$\frac{p_0}{p}$	$1+h$	$\frac{p_0}{p}$	$1+h$	$\frac{p_0}{p}$
1,5	1,32	3,5	4,06	5,5	12,40	7,5	38,00
2,0	1,75	4,0	5,36	6,0	16,40	8,0	50,26
2,5	2,31	4,5	7,09	6,5	21,71	8,5	66,45
3,0	3,07	5,0	9,38	7,0	28,72		

Die Uebereinstimmung dieser Zahlen mit denjenigen der obigen Tabelle ist sehr befriedigend, besonders in Berücksichtigung der complicirten Natur der vorliegenden Frage.

Bezeichnet man mit P und P_0 die Spannungen p und p_0 ausgedrückt in Kilogrammen pro Quadratmeter und mit V_0 das Dampfvolumen im Moment des Anfanges des Expandirens, so hat man

$$\frac{P}{P_0} = \frac{p}{p_0} \text{ und } P = \frac{P_0}{(1{,}75)^h} \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

Daher für die durch die Expansion verrichtete Arbeit in Kilogrammetern:

$$\text{Arbeit} = V_0 P_0 \int_0^h \frac{dh}{1{,}75^h} = \frac{V_0 P_0}{\text{Log.n.}1{,}75}\left(1-\frac{1}{1{,}75^h}\right) = 1{,}787\, V_0 P_0 \left(1-\frac{1}{1{,}75^h}\right), \quad . \quad . \quad (14)$$

oder wenn man den Druck in Atmosphären N einführt:

$$\text{Arbeit} = 18464\, N V_0 \left(1-\frac{1}{1{,}75^h}\right). \quad (15)$$

Dieser Ausdruck hat einen Grenzwerth für $h = \infty$, nämlich

$$1{,}787\, V_0 P_0 = 18464\, N V_0,$$

welchen Werth man nahezu erreicht, wenn man 8 bis 9fache Expansion anwendet, wie schon im vorigen Abschnitt bemerkt wurde.

Die auf das Mariotte'sche Gesetz basirte Formel giebt keinen derartigen Grenzwerth, sondern die Leistung steigt mit h in's Unendliche, was schon a priori nicht sehr wahrscheinlich ist.

2) Anfangspressung von 3 Atmosphären. — Für diesen Fall haben wir die Formel

$$\frac{p_0}{p} = 1{,}74^h$$

gefunden, deren Resultate in nachstehender Tabelle aufgeführt sind und sich sehr gut an die entsprechenden Ziffern der oben mitgetheilten Tabelle anschließen.

$1+h$	$\frac{p_0}{p}$	$1+h$	$\frac{p_0}{p}$	$1+h$	$\frac{p_0}{p}$	$1+h$	$\frac{p_0}{p}$
1,5	1,32	3,5	3,99	5,5	12,09	7,5	36,61
2,0	1,74	4,0	5,27	6,0	15,95	8,0	48,29
2,5	2,29	4,5	6,95	6,5	21,04		
3,0	3,03	5,0	9,17	7,0	27,75		

Wir schreiben also:

$$P = \frac{P_0}{1{,}74^h} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13')$$

und für die Expansionsarbeit L

$$L = 1{,}805\, V_0 P_0 \left(1-\frac{1}{1{,}74^h}\right) \quad . \quad (14')$$

$$= 18651\, N V_0 \left(1-\frac{1}{1{,}74^h}\right) \quad . \quad (15')$$

3) Anfangsspannung von 2 Atmosphären. — In diesem Falle genügt ein einziger Exponent nicht, um eine genügend genaue Interpolationsformel zu geben, wir haben vielmehr folgende Formel anwenden müssen:

$$\frac{p_0}{p} = \frac{P_0}{P} = 1{,}90^h + 0{,}71 - 1{,}50\,h\left(1-\frac{h}{5}\right)$$

$$L = P_0 V_0 \int_0^h \frac{dh}{1{,}90^h + 0{,}71 - 1{,}50\,h\left(1-\frac{h}{5}\right)}.$$

Letztere Formel gestattet nur eine Lösung durch Näherung, die erstere giebt die in nachstehendem Täfelchen enthaltenen Resultate, welche sehr gut mit dem letzten Theile der Haupttabelle stimmen.

$1+h$	$\frac{p_0}{p}$	$1+h$	$\frac{p_0}{p}$	$1+h$	$\frac{p_0}{p}$
1,5	1,34	3,5	6,14	5,5	17,92
2,0	2,39	4,0	7,95	6,0	24,05
2,5	3,48	4,5	10,30	6,5	32,51.
3,0	4,77	5,0	13,54		

§. 2. Versuch einer Theorie des Ausflusses der Dämpfe.

Wir nehmen an, daß der aus einem Kessel in die Atmosphäre durch ein Rohr ausströmende Dampf sich in Streifen normal zur Axe des Rohres bewege und eine permanente Bewegung angenommen habe.

Sei in Figur 2 auf Tafel

$aba'b'$ ein solcher Streifen,
m seine Masse,
dx seine unendlich kleine Dicke, wo
x die Länge des Rohres in der Axe von einem bestimmten Anfangspunkte an gemessen bedeutet,

F der Querschnitt des Strahles,

p der Druck pro Flächeneinheit auf die Seite $a a'$,

$p + \frac{dp}{dx} dx$ der Druck auf die andere Seite,

v die Geschwindigkeit eines solchen Streifens,

so hat man, wenn t die Zeit bezeichnet,

$$m \frac{dv}{dt} = -F \frac{dp}{dx} dx.$$

Da die Differenz des Druckes auf die beiden Flächen $a a'$, $b b'$ lediglich die Wirkung hat, Bewegung zu erzeugen, wenn der Streifen aus einer Lage in die folgende übergeht, so nimmt der Druck p ab, woraus eine Expansion entsteht, welche zu einer partiellen Condensation Anlaß wird. Sei nun

ϑ die wirkliche Temperatur des Streifens,

y das Gewicht des Dampfes, welcher von dem Beginne der Expansion an, wo die Temperatur ϑ_0 war, condensirt worden ist,

ϱ das specifische Gewicht des gesättigten Dampfes von der Temperatur ϑ,

g die Acceleration der Schwere,

so hat man, da das Volumen eines solchen Streifens $F dx$ ist,

$$m = \frac{\varrho F dx}{1-y},$$

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{g}{\varrho}(1-y)\frac{dp}{dx} = -\frac{g}{\varrho}(1-y)\frac{dp}{dt}\cdot\frac{dt}{dx}$$

und da $\frac{dx}{dt} = v$ ist,

$$v\frac{dv}{g} = -(1-y)\frac{dp}{\varrho}, \quad . \; . \; . \quad (1)$$

eine Gleichung, in welche man zunächst nach der ersten Nummer des vorigen §

$$\frac{dp}{\vartheta} = \frac{A a r d\vartheta}{1+d\vartheta} \quad . \; . \; . \; . \quad (2)$$

einzusetzen hat.

Um y zu berechnen, bemerke man, daß nach Obigem von 162° oder 6 Atmosphären bis zu 100° oder 1 Atmosphäre das M in der Formel

$$\frac{dy}{d\vartheta} = -M + Ny$$

nur innerhalb der Werthe 0,0015 bis 0,0018 variirt, also durchschnittlich gleich 0,0016 gesetzt werden kann, und da N ebenfalls nahezu constant und gleich 0,0015 ist, auch bei der Expansion des Dampfes von 152° bis 100° der Werth von y nur gleich 0,00845 gefunden wurde, so kann man Ny gegen M vernachläßigen und für y einfach setzen:

$$y = -0{,}0016\,(\vartheta - \vartheta_0). \quad . \; . \; . \quad (3)$$

Da ferner

$$v = u\sqrt{606{,}5\,Ag} \quad . \; . \; . \; . \quad (4)$$

so erhält man aus Gleichung (1)

$$-u\,du = 1{,}0016\,\vartheta_0 \frac{\alpha\, d\vartheta}{1+\alpha\vartheta} - \left(0{,}0027 + \frac{16}{10^7}\vartheta_0\right)\alpha\vartheta \frac{d\vartheta}{1+\alpha\vartheta} + \frac{16}{10^7}\alpha\vartheta \frac{d\vartheta}{1+\alpha\vartheta} \quad . \; . \quad (5)$$

und nach vorgenommener Integration und Reduction

$$-\left(\frac{u^2 - u_0^2}{2}\right) = (1{,}859 + 0{,}002\,\vartheta_0)\,\mathrm{Log.}\left(\frac{1+\alpha}{1+\alpha\vartheta_0}\right) - \left(0{,}0031 + \frac{16}{10^7}\vartheta_0\right)(\vartheta - \vartheta_0) + \frac{16}{10^7}\left(\frac{\vartheta^2 - \vartheta_0^2}{2}\right). \quad (6)$$

Sei nun

Q die Ausflußmenge in Kilogrammen pro Secunde,

F_1 der Querschnitt der Mündung,

μ das Verhältniß zwischen dem Strahlquerschnitte, in welchem Parallelismus der Geschwindigkeiten stattfindet, und dem Querschnitt der Mündung,

ϑ_1 die der Spannung p des gesättigten Dampfes entsprechende Temperatur, des Mittels, in welches der Dampf austritt,

y_1 und ϱ_1 diejenigen Werthe von y und ϱ, welche sich auf den Strahlquerschnitt μF_1 beziehen,

y_0 und ϱ_0 die der Temperatur ϑ_0 und dem Querschnitte F_0 entsprechenden Werthe von y und ϱ,

so hat man, da die mittlere Dichtigkeit an irgend einem Punkte des Dampfstrahles $\varrho\,(1+y)$ ist,

$$Q = \mu F \varrho_1 (1+y)\sqrt{606{,}5\,Ag} = F_0\, 50\,(1+y_0)\sqrt{606{,}5\,Ag}$$

und mit Berücksichtigung von Gleichung (6)

$$Q = 2248{,}6\,\mu F_1 \varrho_1 (1+y_1)\,.\sqrt{\frac{(1{,}859 + 0{,}002\,\vartheta_0)\,\mathrm{Log}\,\frac{1+\alpha\vartheta_0}{1+\alpha\vartheta_1} - \left(0{,}0031 + \frac{16\,\vartheta_0}{10^7}\right)(\vartheta_0 - \vartheta_1) - \frac{8}{10^7}(\vartheta_0^2 - \vartheta^2)}{1 - \mu^2\,\frac{F_1^2}{F_0^2}\cdot\frac{\varrho_1^2}{\varrho_0^2}\cdot\frac{(1+y_1)^2}{(1+y_0)^2}}} \quad . \; . \; . \quad (7)$$

6. Vergleichung mit den Versuchen. — Bei den Versuchen, welche ich mit Minary angestellt und im 18. Bande der Annales des Mines veröffentlicht habe, wurde das Gewicht des in 20 Minuten ausgeströmten

Dampfes gemessen, sodaß obige Formel mit 1200 zu multipliciren ist, um die beobachteten Gewichte zu finden. Sie läß sich übrigens vereinfachen; da nämlich der Druck p_0 in dem 15 Millimeter weiten Rohre nahe bei der höchstens 4 Millim. weiten Oeffnung beobachtet worden ist und $\frac{\varrho_1}{\varrho}$ ein Bruch ist, so hat man ziemlich genau

$$Q = 2248{,}6\,\mu F_1 \varrho_1 (1+y_1) \times \tag{8}$$
$$1200 \sqrt{(1{,}859 + 0{,}002\,\vartheta_0)\,\text{Log.}\,\frac{1+\alpha\vartheta_0}{1+\alpha\vartheta_1} - \left(0{,}0031 + \frac{16}{10^7}\vartheta_0\right)(\vartheta_0 - \vartheta_1) - \frac{8}{10^7}(\vartheta_0^2 - \vartheta_1^2)}.$$

Zur Bestimmung des specifischen Gewichtes ϱ des gesättigten Dampfes bei verschiedenen Temperaturen wurde die Formel

$$\varrho = \frac{p}{A\,(1+\alpha t)\,(m - n k^{\vartheta})},$$

welche schon im ersten Paragraphen benutzt wurde, oder vielmehr folgende:

$$\varrho = \frac{0{,}32\,p}{(1+\alpha\vartheta)\,(m - k^{\vartheta})}$$

angewendet, worin p die Spannung in Centimetern Quecksilbersäule bedeutet, und nach welcher

für $\vartheta =$ 100 98 96 94 92 90 88°
$\varrho =$ 0,605 0,565 0,528 0,493 0,460 0,427 0,396

gefunden wird.

Die Werthe von y wurden mit Hilfe der Gleichung (3) berechnet.

In nachstehenden Tabellen sind die Werthe von Q und p_0, p_1, hierauf ϑ_0 und ϑ_1 Versuchsdata und μ ist die Unbekannte, welche mit Hilfe der Gleichung (8) zu berechnen ist.

Kreisrunde Mündung in der dünnen Wand von 4 Millimeter Durchmesser.

p_0		p_1	ϑ_0	ϑ_1	$\gamma_1(1+y)$	Q	μ.
Atm.	Cent. Quecks.	Cent. Quecks.					
1,39	105,6	73,3	109,40	99,0	0,594	2,650	0,79
1,95	148,2	72,6	119,20	99,0	0,604	4,300	0,93
2,51	190,8	62,0	128,00	94,5	0,520	5,500	1,10
3,04	231,0	56,5	134,25	92,0	0,491	6,817	1,24
3,60	273,6	55,0	140,25	91,0	0,478	7,800	1,47
4,20	319,2	51,0	146,20	89,5	0,465	9,067	1,56
4,79	364,0	49,0	150,60	88,0	0,435	10,200	1,72
5,37	408,1	47,0	155,00	87,0	0,434	11,233	1,87

Die obigen Werthe von μ weichen nur wenig von denjenigen ab, welche die Formel

$$\mu = 0{,}68 + 0{,}0033\,(p_0 - p_1)$$

liefert, wenn die Spannungen p_0 und p_1 in Centimetern Quecksilbersäule gegeben sind. Giebt man diese Spannungen in Atmosphären n_0 und n_1, so geht diese Formel über in

$$\mu = 0{,}68 + 0{,}251\,(n_0 - n_1). \quad . \quad . \tag{9}$$

Kreisförmiges, nach Innen gekehrtes Mundstück von 4 Millimeter Durchmesser.

p_0		p_1	ϑ_0	ϑ_1	$\gamma_1(1+y_1)$	Q	μ.
in Atm.	Centim. Quecks.	Centim. Quecks.					
1,39	105,6	73,5	109,40	99,0	0,594	2,540	0,65
1,95	148,2	69,3	119,20	99,0	0,604	4,125	0,80
2,51	190,8	67,5	128,00	96,7	0,568	5,500	0,90
3,04	231,0	69,0	134,25	97,4	0,582	6,600	0,99
3,60	273,6	65,0	140,25	95,7	0,561	7,750	1,09
4,20	319,2	62,5	146,25	94,7	0,545	8,800	1,19
4,79	364,0	59,5	150,60	93,5	0,529	9,700	1,30
5,37	408,1	54,0	155,00	90,7	0,483	10,800	1,41

Hieraus ergiebt sich die Interpolationsformel:

$$\mu = 0{,}63 + 0{,}0022\,(p_0 - p_1). \qquad (10)$$

Conisches Mundstück von 3,5 Millimeter Durchmesser und 42 Millimeter Länge.

p_0		p_1	ϑ_0	ϑ_1	$\gamma_1(1+y_1)$	Q	μ.
Atm.	Centim. Atm.	Centim. Atm.					
1,39	105,6	73,5	109,40	99,0	0,594	2,500	0,76
1,95	148,2	69,0	119,20	97,4	0,578	3,650	0,91
2,51	190,8	65,0	128,00	95,7	0,550	4,600	1,04
3,04	231,0	60,0	134,25	93,5	0,517	5,600	1,18
3,60	273,6	56,0	140,25	91,7	0,470	6,500	1,33
4,20	319,2	54,0	146,20	90,7	0,476	7,500	1,47
4,79	364,0	51,0	150,60	89,5	0,460	8,400	1,62
5,37	408,1	51,0	155,00	89,5	0,463	9,375	1,76

Die Formel

$$\mu = 0{,}67 + 0{,}003\,(p_0 - p_1) \quad . \quad . \quad (11)$$

giebt nur bei den niedrigeren Werthen von p_1, bezüglich derer die angewendete Experimentirmethode in Bezug auf p_1 einigermaaßen ungewiß ist, merkliche Differenzen von obigen Beobachtungswerthen.

§ 7. **Empirische Formel für den Ausfluß der Dämpfe in die freie Luft.** — Unter Benutzung der Bezeichnungen aus der vorigen Nummer hat man hier $n_1 = 1$, $\vartheta_1 = 100°$ und es hat sich ergeben, daß für solche Oeffnungen, welche im Verhältniß zum Querschnitt des Rohres klein sind, die Formel

$$Q = F_1 \sqrt{\frac{10333\,(n_0 - 1)\,\gamma_0 g}{\varphi}} \quad . \quad (12)$$

an Stelle der unbequem anwendbaren Formel (7) angewendet werden kann, wenn φ eine Function von n_0 ist, welche nach der Form der Ausflußöffnung variirt, während 10333 Kilogramme bekanntlich den Atmosphärendruck pro Quadratmeter geben.

Vergleicht man diese Formel mit den Resultaten der oben citirten Versuche, wenn dieselben mit Hilfe der von Minary und mir aufgestellten Interpolationsformeln auf den Fall des Ausflusses in die freie Luft reducirt werden, so erhält man Folgendes:

1. Oeffnung in der dünnen Wand.

Setzt man $\varphi = 2{,}370 \text{ Log } n_0 + 0{,}904$, so giebt die Formel (12) die Ausflußmenge bis auf mindestens $\frac{1}{310}$ genau.

2. Conische Mündung.

Setzt man $\varphi = 2{,}30 \text{ Log. } n_0 + 0{,}591$, so giebt die Formel (12) bei zweien der Versuche Abweichungen von $\frac{1}{50}$, bei allen übrigen Abweichungen von $\frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{64}$.

3. Nach Innen gekehrtes Mundstück.

Setzt man $\varphi = 0{,}340\,n_0 + 1{,}00$, so giebt die Formel (12) höchstens $\frac{1}{76}$ Abweichung.

Beobachtungen über die Dampfaustrittsverhältnisse bei Dampfmaschinen.*)

Von

Fred. J. Slade, Dry Dock-Eisenwerke in New-York.

(Hierzu Fig. A bis F auf Taf. 23.)

Wenn man auf physikalische Gesetze Folgerungen begründet, so darf man damit nicht zu weit gehen, ohne die Resultate durch directe Beobachtungen zu prüfen und beziehendlich zu modificiren, was namentlich dann erforderlich sein wird, wenn, wie dies meist der Fall ist, gleichzeitig eine Menge verschiedener Einflüsse in Wirksamkeit treten.

So erscheint es auch bei dem vorliegenden Gegenstande keine Schwierigkeit zu haben, die Menge des ausströmenden Dampfes zu berechnen und die Größe des Druckes auf die hintere Seite des Kolbens zu ermitteln, wenn man die Größe der Ausströmungsöffnung und die Zeit, während welcher Letztere geöffnet ist, kennt und annimmt, daß die Geschwindigkeit des austretenden Dampfes nach den Gesetzen der Pneumatik von dem Unterschiede der Spannung abhängig sei, und daß der Cylinder blos soviel Dampf enthalte, als sein Volumen faßt. Betrachten wir aber die Wirkung undichter Schieber, des im Cylinder befindlichen, entweder in Dampf zu verwandelnden oder als feiner Staub mit fortzureißenden Wassers, und die Widerstände in den gekrümmten Röhren und Canälen, so leuchtet sofort die Nothwendigkeit ein, daß man hierüber die Maschine direct befragen müsse, was mittelst des Indicators möglich ist.

Zu diesem Zwecke hat der Verfasser verschiedene Diagramme von Dampfmaschinen, über welche er genügende Data besaß, ausgewählt und die theoretische Menge Dampf berechnet, welche pro Zehntel des Rückganges austreten sollte, dieselbe auch mit dem wirklich ausgetretenen Dampfquantum verglichen, welches das Diagramm angiebt. Hierbei bediente er sich der Formeln

$$Q = \sqrt{c\left(\frac{P+P_x}{2}-p\right)} \,.\, 96\, t_x A \quad \text{und}$$

$$Q' = \frac{CP - C_x P_x}{\frac{1}{2}(P+P_x)},$$

worin

- C das Volumen zwischen dem Kolben in der Anfangsstellung und dem Ende des Cylinders in Cubikfußen,
- C_x das Volumen zwischen dem Kolben nach Zurücklegung des Weges x und dem Ende des Cylinders,
- c die Zahl der Cubikfuße Dampf, welche bei dem Drucke $\frac{1}{2}(P+P_x)$ ein Pfund wiegen,
- P den Druck des Dampfes im Raume C,
- P_x denjenigen im Raume C_x,
- p den äußeren Druck im Condensator oder in der Atmosphäre,
- A den kleinsten Querschnitt der Austrittsöffnung in Quadratfußen,
- t_x die Zeit, in welcher sich der Kolben um x bewegt, in Secunden,

bedeutet. Dividirt man letztere Gleichung durch die erstere, so erhält man das Verhältniß zwischen dem wirklichen (A) und dem wirksamen Austrittsquerschnitte R.

Wir beziehen uns nun auf die auf Taf. 23 dargestellten Diagramme und haben hierzu Folgendes zu bemerken.

Diagramm A ist einer Hochdruck-Dampfmaschine von 12 Zoll (Durchmesser?) und 18 Zoll (Hub?) entnommen, welche mit vollem Dampf von 43 Pfd. Druck arbeitet, 95 Umgänge macht und durch ein 11 Fuß langes, 3 Zoll weites und mit 5 Knieen versehenes Rohr in einen Vorwärmer ausbläst, aus welchem der Dampf durch ein 33 Fuß langes, 3" weites und mit 4 Knieen versehenes Rohr in ein großes Bassin von 150 mal so viel Fassungsraum als der Cylinder tritt und aus diesem ziemlich da, wo er eingetreten ist, an der Decke durch ein 100 Fuß langes und 3 Zoll weites Rohr mit 14 Knieen endlich in die freie Luft ausströmt. Es ist dies ein Fall mit beträchtlichen Widerständen, da die Ausblaserohre zahlreiche Bie-

*) Wenn wir auch bei dem hier mitzutheilenden Artikel mit der Darstellung des Herrn Verfassers nicht ganz einverstanden sein können, so halten wir doch die Ergebnisse seiner Beobachtungen für interessant genug, um dieselben hier in der Uebersetzung wiederzugeben.

D. Red.

gungen machen, obwohl der Widerstand andrerseits dadurch etwas vermindert werden mag, daß der Dampf in dem großen Bassin ein Reservoir findet. Der Dampf war sehr naß und das Ausströmungsrohr überdies der engste Theil des Austrittsweges.

Bei dieser Maschine wurden folgende Resultate beobachtet:

Zehntel des Hubes.	Fläche in Quadratzollen.	Zeit t_x.	Scheinbare wirkliche Austrittsmenge Q'.	Effectiver Austrittsquerschnitt R.
1	3,80	0,070	0,387	0,16
2	7,07	0,032	0,315	0,18
3	7,07	0,027	0,217	0,18
4	7,07	0,021	0,156	0,18
5	7,07	0,021	0,125	0,16
6	7,07	0,021	0,118	0,16
7	7,07	0,021	0,130	0,17
8	7,07	0,022	0,122	0,17
9	7,07	0,027	0,119	0,14
10	4,60	0,062	0,120	0,10
			Mittel	0,16.

Der Gegendruck im Cylinder repräsentirt eine scheinbare Austrittsmenge von nur 0,16 von derjenigen Menge, welche dem Austrittsquerschnitte entspricht. Wir sagen „scheinbare" Austrittsmenge, weil die wirklich austretende Dampfmenge nach dem, was angeführt worden ist, größer gewesen sein muß, aber gerade diese scheinbare Austrittsmenge ist von praktischer Wichtigkeit, weil sie die Größe des Widerstandes auf den Kolben bedingt.

Das Diagramm B ist von der Locomotive Nr. 204 der Erie-Eisenbahn entnommen. Locomotiv-Diagramme sind überhaupt interessant, weil sie rar sind, und ich glaube sogar, daß die nachstehende Reihe, welche von mir und Mr. Phineas Barnes im Sommer 1864 beobachtet worden ist, die erste Versuchsreihe ist, welche bei uns mit Locomotiven angestellt worden ist.

Man sollte bei Locomotiven eine bessere Wirksamkeit der Austrittsfläche erwarten, weil die sämmtlichen Dampfwege bedeutend größer sind, als die letzte schmale Oeffnung — das Blasrohr —, und weil das Ausblasrohr sehr kurz, auch der Dampf im Allgemeinen ziemlich trocken ist. Die fragliche Maschine hatte innenliegende und deshalb durch die Rauchbox warm gehaltene Cylinder; der Durchmesser des Ausblasrohrs betrug $3^1/_4$ Zoll, der Querschnitt der Dampfwege $15^1/_2$ bei $1^3/_4$, derjenige der Austrittscanäle $15^1/_2$ bei $2^3/_4$ Zoll, der Cylinderdurchmesser 18 Zoll und der Kolbenhub 20 Zoll.

Zu der Zeit, wo das auf Tafel 23 abgebildete Diagramm abgenommen wurde, machte die Maschine 160 Umdrehungen pro Minute. Specielleres zeigt nachstehende Tabelle.

Zolle des Hubes.	Fläche der Oeffnung in Quadratzollen.	Zeit t_x.	Scheinbare wirkliche Ausflußmenge Q' in Cubikfußen.	R.
$17^2/_3$ — $19^1/_2$	4,14	0,033	0,51	0,35
$19^1/_2$ — 20	8,3	0,019	0,731	0,51
20 — 18	8,3	0,043	1,04	0,40
18 — 16	8,3	0,019	0,338	0,37
16 — 14	8,3	0,015	0,322	0,45
14 — 12	8,3	0,013	0,269	0,43
12 — 10	8,3	0,0124	0,312	0,52
10 — 8	7,6	0,0124	0,294	0,54
8 — 6	4,8	0,013	0,202	0,52
6 — 5	1,7	0,007	0,025	0,35
			Mittel	0,444.

Man sieht, daß die Wirksamkeit der Oeffnung gegen das Ende des Hubes eine größere wird, was sich vielleicht am besten dadurch erklären läßt, daß man annimmt, die Verdampfung und der Austritt von Wasser aus dem

Cylinder reducire die scheinbare Austrittsmenge im ersten Theile des Hubes, während vielleicht die wirkliche Austrittsmenge ebenso groß ist, als während des übrigen Hubes.

Diagramm C ist von der Maschine Nr. 203 der Erie-Eisenbahn abgenommen, deren Dimensionen folgende sind: Cylinder (innenliegend) 18 bei 20 Zoll, Eintrittsdampfwege 15½ bei 1⅜ Zoll, Austrittsdampfweg 15½ bei 2¾ Zoll, Blasrohrmündung 2⅞ Zoll Durchmesser. Das Diagramm wurde verzeichnet, als die Maschine mit 519 Pferdekräften arbeitete und 144 Umdrehungen pro Minute machte. Man sieht daher auch einen starken Gegendruck, nämlich excl. Compression durchschnittlich 10,5 Pfd. über den Atmosphärendruck. Ueber die Wirksamkeit des Ausblasens giebt nachstehende Tabelle Aufschluß.

Zolle Hub.	Austrittsquerschnitt in Quadr.-Zollen.	Zeit t_x.	Scheinbar wirksame Ausflußmenge in Cubikfußen.	R.
17,85 — 19,4	3,24	0,025	0,63	0,564
19,4 — 20	6,49	0,0255	0,57	0,32
20 — 18	6,49	0,048	1,17	0,38
18 — 16	6,49	0,0206	0,495	0,415
16 — 14	6,49	0,0165	0,456	0,50
14 — 12	6,49	0,0143	0,353	0,46
12 — 10	6,49	0,0136	0,324	0,46
10 — 8	6,49	0,0136	0,332	0,475
8 — 6	4,75	0,0143	0,294	0,56
			Mittel	0,46.

Die Ergebnisse dieses Versuches weichen nicht wesentlich von den vorher citirten ab.

Diagramm D ist wieder von der Maschine Nr. 204 abgenommen und zwar während dieselbe einen Zug führte. Es zeigt die Güte des Austrittes eines großen Dampfvolumens bei geringer Geschwindigkeit.

Zolle Hub.	Austrittsquerschnitt in Quadratzollen.	Zeit t_x.	Scheinbar wirksame Ausflußmenge in Cubikfußen.	R.
20 — 18	8,3	0,0783	2,56	0,346
18 — 16	8,3	0,0339	1,06	0,415
16 — 14	8,3	0,0273	0,72	0,43
14 — 12	8,3	0,0235	0,516	0,44
12 — 10	8,3	0,0225	0,500	0,59
10 — 8	8,3	0,0225	0,389	0,88
			Mittel	0,517.

Da der Druck im letzten berechneten Theile des Hubes bis ziemlich zum Atmosphärendrucke hinabsinkt, so kann die Bestimmung von R nicht ganz so zuverlässig sein, insofern nämlich die geringste Differenz in Bezug auf das Ausmessen des Diagrammes einen sehr beträchtlichen Unterschied im Werthe von R verursacht. Es ist auffallend, wie hoch diese Werthe sind; man muß sich indessen hierbei erinnern, daß zu dieser Zeit der andere Cylinder gerade den Dampf mit hoher Pressung durch ein Blasrohrmundstück ausströmen läßt, welches nahe daneben ist, dies also als Dampfstrahl wirken und den Ausfluß des Dampfes aus dem Cylinder beschleunigen muß. Wenn, wie dies bisweilen der Fall ist, beide Cylinder durch dasselbe Mundstück ausblasen, so erzeugt der Austritt des Dampfes aus dem einen Cylinder eine beträchtliche Erhöhung des Gegendruckes für den andern Kolben, welche, wenn sie auf den vollen Hub folgt, bei gewöhnlicher Spannung im ersten Moment der Eröffnung der entgegengesetzten Ausströmungsöffnung ungefähr 16 Pfund betragen kann. Bei den gewöhnlicheren Punkten des Absperrens erhöht sich der Gegendruck um 1 bis 2 Pfund auf den halben Hub ungefähr.

Diagramm E rührt von einer stationären Maschine her von neuer und ausgezeichneter Bauart. Als das Diagramm abgenommen wurde, war aber leider das Dampfventil in hohem Grade undicht, was sich aus der Differenz der wirklichen von der punktirt angegebenen theoretischen Linie erkennen läßt und den vergleichsweise niedrigen Werth von R erklärt, da sonst wegen der Kürze, geraden Richtung und bedeutenden Weite (weiter als der größte Dampfweg) des Ausblasrohres ein gutes Verhältniß des Ausflusses pro Flächeneinheit zu erwarten wäre. Der Dampfverlust während des Austrittes läßt die Ausflußmenge geringer

erscheinen, als sie in Wirklichkeit war. Dies ist aber ein oft vorkommender Fall und dieserhalb theilen wir ihn mit. Die Dimensionen der Maschine waren folgende: Cylinder 26 bei 30⅛ Zoll, Austrittsdampfweg 24 bei 1½ Zoll. Die kleinste Größe der Oeffnung des Letzteren ist für jeden Theil des Hubes angegeben. Ausblasrohr 33 Fuß lang, 7 Zoll weit, mit zwei Knieen nahe bei der Maschine, wo der Dampf in den Vorwärmer tritt, dann vertical.

Bei 48 Umdrehungen fand ich:

Zolle Hub.	Fläche der Oeffnung in Quadratzollen.	Zeit t_x.	Scheinbar wirksame Ausflußmenge in Cubikfußen.	R.
30 — 27	17	0,116	1,36	0,20
27 — 24	28	0,052	0,89	0,205
24 — 21				
21 — 18	31,5	1,845	2,8	0,225
18 — 15				
15 — 12	22	0,0444	0,91	0,33
12 — 9	15,75	0,0444	1,03	0,57
9 — 6	9	0,049	0,78	0,66
6 — 3	3	0,057	0,46	0,54
			Mittel	0,353.

Der Abflußdampfweg öffnete sich in 1¼ Zoll Abstand vor dem Ende des Hubes, dennoch zeigt das Diagramm wegen der erwähnten Undichtheit nahezu 2 Procent mehr Dampf im Cylinder am Ende des Hubes, als bei Eröffnung des Ventiles.

Diagramm F gehört einer stationären Niederdruckmaschine von 10 Zoll Durchmesser und 20 Zoll-Hub an. Die kleinste Oeffnung war beim Ventil, in dem der Dampfweg blos 4,25 Zoll lang und 0,68 Zoll breit war, also 2,89 Quadratzoll Fläche besaß. Das Austrittsrohr war 2½ Zoll im Durchmesser = 4,9 Quadratzoll, 21 Fuß lang und mit 4 Knieen versehen. Die Ventile schlossen nicht schlechter als gewöhnlich. Die unter dem Diagramme gezogene Linie zeigt das Vacuum im Condensator, welches ungefähr 17½ Zoll betrug. Ein anderes, von derselben Maschine abgenommenes Diagramm, welches für den Zustand, wo sie durch ein doppelt so langes Rohr in die Atmosphäre ausblies, gilt, zeigt für R den höheren Werth 21½.

Bei 60 Umgängen ergab sich:

Zolle Hub.	Fläche der Oeffnung in Quadratzollen.	Zeit t_x.	Scheinbare wirkliche Ausflußmenge in Cubikfußen.	R.
19 — 20	0,786	0,0764	0,074	0,13
20 — 18	2,51	0,116	0,442	0,18
18 — 16	2,89	0,0485	0,11	0,12
16 — 14	2,89	0,038	0,10	0,135
14 — 12	2,89	0,0345	0,099	0,15
12 — 10	2,89	0,033	0,097	0,158
10 — 8	2,89	0,031	0,108	0,19
8 — 6	2,89	0,032	0,096	0,17
6 — 4	2,88	0,037	0,106	0,18
4 — 2	2,46	0,041	0,108	0,23
2 — 0	1,62	0,097	0,073	0,089
			Mittel	0,158.

Die Werthe, welche sich aus den obigen Diagrammen ergeben, sind niedriger, als sie wahrscheinlich von den meisten Lesern angenommen worden sind. Bei alledem sind die benutzten Maschinen gute Exemplare, wie sie im gewöhnlichen Leben vorkommen. Es zeigt dies deutlich die Wichtigkeit eines kurzen freien Dampfaustrittes und für Manchen werden diese Thatsachen auch interessant sein in Bezug auf das Wasser, welches sich während des Vorwärtsganges im Cylinder condensirt, um beim Ausblasen wieder ausgestoßen zu werden.

(Journal of the Franklin Institute, Vol. 82. Nr. 487.)

Praktische Bemerkungen über die bei Feststellung einer Brücken-Anlage und Bestimmung der Durchflußweite vorzunehmenden Vorarbeiten, und die Bestimmung der Durchflußweite selbst.

Von

Baurath **von Kaven** in Hannover.

(Hierzu Tafel 24 und 25.)

Wir beabsichtigen im Folgenden Dasjenige zusammenzustellen, was bei Vornahme von Vorarbeiten zu dem oben bezeichneten Zwecke erforderlich sein dürfte, und werden das im Eingange übersichtlich Angegebene im Verfolg dieser Bemerkungen etwas ausführlicher beleuchten.

A. Anordnung des Brückenüberganges im Allgemeinen.

1. Wahl der Uebergangsstelle.

Was zuerst die Wahl der Uebergangsstelle für eine Brücke anbetrifft, so hat man in wenigen Fällen wegen der aus anderen Gründen zweckmäßigsten Lage der Straße oder Eisenbahn, deren Ueberführung die Brücke vermittelt, große Auswahl in derselben. Man ist z. B. durch die zulässigen Curven, durch vorgeschriebene, nicht steiler zu machende Gradienten, zu denen eine bestimmte Entwickelung der Trace gehört, durch das Erforderniß, Erdarbeiten zu vermeiden, sich nicht zu sehr von der allgemeinen Richtung der Straße zu entfernen rc., meistens in engeren Grenzen eingeschlossen.

Am vortheilhaftesten bezüglich der Herstellung der Brücke selbst wird es häufig sein, wenn man eine Stelle des Flusses wählen kann, wo der Lauf desselben nicht zu gekrümmt ist, wegen der Eisverhältnisse, insofern diese durch die Brückenanlage ungünstiger werden können, wo die Straße die Richtung desselben normal schneidet und wo das Normalprofil des Flusses eine verhältnißmäßig große Tiefe besitzt, auch das Hochwasserprofil eine nicht große Breite hat, denn an dieser Stelle wird man die kürzeste Brücke erhalten. An Stellen, wo der Fluß ein in der Breite ausgedehntes Hochwasserprofil und geringe Tiefe im Schlauche hat, wird meistens eine größere Länge der Brücke nöthig sein, weil die mittlere Tiefe geringer ist, als im ersteren Falle, und wenn man dieselbe auch durch Abgrabungen der Ufer, also Vertiefung des Hochwasserprofils oberhalb und unterhalb der Brücke, vergrößern und daher die gesammte Weite kleiner machen kann als die Breite des Hochwasserprofils, wird man doch nicht bis unter einer gewissen Tiefe abgraben und dadurch selten soviel gewinnen können, als wenn man ein Profil mit größeren Tiefen wählte.

Wenn indessen die Höhenlage der Straße oder Bahn die Herstellung einer massiven Brücke, welche die größte Höhe der Bahn über Hochwasser, verglichen mit Holz- oder Eisenconstructionen erfordert, nicht zuläßt, oder wenn die einzelnen Weiten, in welche die Gesammtöffnung getheilt werden muß, aus anderen Gründen so groß werden müssen, daß man gewölbte Brücken nicht wohl mehr anwenden kann, oder wenn aus sonstigen Gründen letztere nicht erbaut werden sollen, ist es nicht mehr von großem Belange ob die Brücke normal oder schräg den Wasserlauf schneidet, da es bei Herstellung einer eisernen oder hölzernen Brücke keine großen Erschwernisse macht und, abgesehen von der dann erforderlichen etwas größeren Länge der Pfeiler in der Richtung des Stromstriches, auch die Kosten nicht viel vermehrt werden wenn man die Brücke schief überführen muß.

Eine Ueberführung in einer Curve wird man gern vermeiden, obgleich auch dafür Beispiele genug vorhanden sind, vielmehr die Brücke in ein gerades Alignement zu legen suchen, welches zweckmäßig etwas länger ist, als die Brücke selbst. Ob die Brücke in einer Horizontalen oder in Steigungen gelegen, ist von geringerem Belang, sofern diese Steigungen die in der Straße oder Bahn sonst vorhandenen nicht übertreffen. Unter Umständen kann es sogar bei sehr langen Brücken zweckmäßig sein, sie von beiden Enden nach der Mitte ansteigen zu lassen, um der Schifffahrt dort mehr lichte Höhe zu gewähren (dies ist z. B. bei der Victoria-Brücke über den Lorenz-Strom geschehen und bei mehreren älteren massiven Brücken).

Sofern nun die Lage einer Brücke nicht durch die

obigen Umstände vorzugsweise bedingt ist und sofern nicht noch Bedingungen, die in der Situation begründet sind, als maaßgebende hinzukommen, z. B. der meistens nur geringe Verschiebung zulassende Durchgang durch eine Stadt, Verbindung bisher durch eine Fähre communicirender, bereits bestehender Bahnen oder Straßen 2c., kann auch die Beschaffenheit des Baugrundes wegen der Fundirungen ein Hauptmoment zur Festlegung des Uebergangsorts werden, wenn sich z. B. bei einer größeren Brücke, welche mehrere Wasserpfeiler in größerer Tiefe erhalten muß, in nicht zu großer Entfernung von der sonst gewählten Straßenrichtung ein erheblich besserer Baugrund fände, welcher minder tiefe Fundirung zuließe oder etwa sonst erforderlich gewesene kostspielige, künstliche Fundirungsarten vermeiden ließe. Hierüber müssen vergleichende Kostenanschläge, die Rücksicht auf etwaigen Zeitgewinn beim Bau 2c. die Grundlagen der Entscheidung abgeben.*)

Selten dürfte nur der Fall vorkommen, daß man bei Uebergängen über größere Gewässer im Flußbette einzelne Hervorragungen, Felsen 2c. fände, welche eine Gelegenheit zur erleichterten Herstellung eines Pfeilers abgeben könnten, so daß event. dieser Umstand auf die Eintheilung der Oeffnungen, in welche die Gesammtweite zu theilen ist, von Einfluß sein könnte.

Unter Umständen kann endlich die Beschaffenheit der Ufer in Frage kommen, da z. B. ein felsiges und festes Ufer die Herstellung von gewölbten Brücken, bei größeren Weiten von Bogen- und Kettenbrücken insofern mit Ersparniß ermöglichen kann, als man dann weniger künstliches Mauerwerk zu den Widerlagern herzustellen braucht, um die Horizontalschübe oder Züge aufzunehmen, die sonst durch vollständig gemauerte Widerlager, oder bei Balkenbrücken durch Gurtungen der Eisenconstructionen aufgenommen werden müssen. In diesem Falle kann man also von der günstigen Beschaffenheit der Ufer profitiren, um an Baukosten zu sparen. Hohe Ufer können auch deshalb von Wichtigkeit werden, weil sie zu einer hohen, die Schifffahrt nicht störenden Lage der Brücke Gelegenheit bieten.

Ist man endlich in der Wahl der Brückenstelle am wenigsten beschränkt, so können auch noch, unter sonst gleichen Umständen, die Rücksichten in Frage kommen, daß es stets erwünscht ist, in der Nähe von Communicationen zu Lande oder zu Wasser zu sein, mittelst welcher die Herbeischaffung des Materials an die Baustelle am billigsten und sichersten geschehen kann, wie es ebenfalls erwünscht ist, genügende wasserfreie Lagerplätze für das Material zu größeren Brücken und Raum für die Herstellung der erforderlichen interimistischen Baulichkeiten, als Materialschoppen, Bauhütten, Schoppen für Betriebsmaschinen zum Wasserschöpfen 2c. unmittelbar neben dem Brückenbauplatze zu haben.

Bei kleineren Wasserläufen zieht man oft vor, die Richtung letzterer so zu verändern, daß sie die Straße normal schneiden, um schiefe Brücken zu vermeiden (Fig. 1), besonders dann, wenn man massive Brücken macht. Man erreicht dabei auch häufig noch den Vortheil, die Brücke im Trocknen bauen zu können und die Unterhaltungskosten einer Umleitung des Wasserlaufs während des Baues zu ersparen, und es ist von geringem Einfluß bezüglich der Kosten, ob man wegen der Krümmung des Wasserlaufs das Profil desselben an dieser Stelle um ein Weniges erweitern und die Brückenöffnung entsprechend vergrößern muß. Für sehr kleine, wenig Wasser führende Läufe kann man bei der Umleitung oft den anzulegenden Straßen- oder Bahngraben mit benutzen (Fig. 2).

Wird ein Wasserlauf an zwei oder mehreren in nicht großer Entfernung von einander liegenden Stellen durch die Straße geschnitten, so kann es vortheilhafter sein, ihn zu corrigiren und nur eine Brücke, als deren mehrere, zu bauen (Fig. 3), bei dieser Correctur hat man auch nicht selten Gelegenheit, eine Begradigung vornehmen zu können (Fig. 3). In einzelnen Fällen kann man auch durch Umlegung eine Brücke ganz vermeiden (Fig. 4).

Die Höhenlage einer Straße in der Nähe der Brücke kann auch durch die stattfindenden Wasserverhältnisse hauptsächlich bedingt sein (Fig. 5). Führt z. B. die Brücke über einen eingedeichten größeren Fluß, hinter dessen Deichen Marschen, welche unter dem Hochwasserspiegel gelegen, vorhanden sind, so würde, falls der Bahndamm durch diese

*) Besondere Hochwasserverhältnisse, welche auf die Wahl des Constructionssystems der Brücke, wegen der Schwierigkeit, massive Pfeiler herzustellen, rückwirken können, kommen noch bei großen Flüssen, z. B. in Ostindien und auch in Rußland vor, wo die Differenzen zwischen Hoch- und Niedrigwasser erheblich sind und das Hochwasser oft sehr schnell eintritt und schnell verläuft und dabei erhebliche Höhen erreicht, so daß Abdämmungen nicht herzustellen sind. Bei der Jumna-Brücke in Ostindien war z. B. der Wasserstand an der Brückenbaustelle 15 Fuß, in geringer Entfernung von derselben aber 65—72 Fuß Tiefe unter Niedrigwasser.

Die Geschwindigkeit bei gewöhnlichem Wasserstande der Jumna ist $3\frac{2}{3}$ Fuß pro Secunde, bei großem Hochwasser aber 13 Fuß. Der Wasserwechsel bei gewöhnlichem Hoch- und Niedrigwasser ist ungefähr 45 Fuß, bei außergewöhnlichen Hochwasserständen, wie in den Jahren 1838 und 1861 sogar $51\frac{1}{2}$ Fuß (Berl. Bauzeitung 1864, S. 585). Der Indus steigt zwischen seinen felsigen Ufern zu Attock 50 Fuß in einer Nacht und verwirft (etwa 800 engl. Meilen von seiner Mündung) seine Stromrinne zuweilen um 3 englische Meilen (peculiarities of indian engineering by Medley, Civ. Eng. and Arch. Journ. 1863, pag. 39). Ueber Brücken unter diesen Verhältnissen vergl. auch: Railways in the east and generally in high thermometrical regions by W. Davis Haskoll. London, Atchley 1863. Chapter VII und VIII, pag. 114 etc. Vergl. auch: Humber, a complete treatise on cast and wrought iron bridge construction. London 1861.

Marschen von den anstoßenden Geesthöhen her in etwa der Höhe des Deichs durchgeführt würde und nur Brückenöffnungen für den Durchlaß etwa vorhandener Binnengewässer erhielte, die oberhalb der Brücke gelegene Marsch bei einem Deichbruche gegen den früheren Zustand vermehrten Wassernöthen ausgesetzt sein, weil das Wasser sich nicht wie früher nach unterhalb vertheilen und sich auf größere Flächen ausdehnend einen niedrigen Stand annehmen, oder nicht so rasch, wie etwa früher, durch die Schläuche der Binnengewässer in den Hauptfluß abgeführt werden könnte. In einem solchen Falle kann man zwei Wege einschlagen, nämlich

1) Die Straße unter allen Umständen wasserfrei, also auf Deichshöhe, oder doch nahe so hoch legen und sie dann mit genügenden Durchflußöffnungen zum raschen Abführen des Wassers für den Fall eines Deichbruchs versehen (a der Figur 5), oder

2) die Straße oder Bahn, abgesehen von der Rampe, welche zum Ersteigen des Deichs nicht zu umgehen ist, auf der übrigen Länge in der Marsch nur so hoch legen, daß sie etwa $1^1/_2$ bis 2 Fuß über die jährlich wiederkehrenden, durch Himmelwasser, Cuverwasser oder Rückstau der Binnengewässer, bei Hochwasser des Hauptflusses, eintretenden Binnenwasserstände liegt, im Fall eines Deichbruches aber vom Hochwasser überströmt wird (b der Figur 5). Die erstere Anlage ist wegen der ausgedehnten Brückenanlagen zur Herstellung der erforderlichen Durchflußweiten meistens sehr kostspielig und gewährt doch nicht immer vollständige Sicherheit, da immerhin die Straße noch bei heftigem Wasserdrang gefährdet sein kann, und sie wird um so weniger motivirt sein, je seltener, wegen gehöriger Befestigung der Deiche, Deichbrüche zu erwarten stehen. In den meisten Fällen wird es, selbst bei erheblicher Frequenz, nicht von großem Belang sein, daß die Straße Gefahr läuft, in Abschnitten von vielen Jahren auf kurze Zeit, meistens nur einige Tage, überfluthet zu werden. Die aufgesammelten Zinsen des Mehranlagecapitals des ersten gegen den zweiten Fall werden meistens hinreichen, die Nachtheile, welche bei solchem Unfalle entständen, zu decken.

Legt man dagegen die Straße niedrig wie im zweiten Falle, so wird man meistens mit den Durchlässen für die etwa vorhandenen Nebengewässer und Abzugsgräben ausreichen, oder die zu mehrer Sicherheit noch außerdem für nöthig gehaltenen erfordern, weil sie niedriger sind, viel geringere Anlagekosten. Man wird dann dem zu überströmenden Bahndamm flache Dossirungen (1:3 bis 1:5) geben, besonders an der Seite, wo das Wasser abstürzt, und die Brückensohlen gehörig befestigen, z. B. durch Pflasterung oder Betonnirung, event. die Fundamente durch Spundwände, genügend tiefe Herdmauern ꝛc. vor Unterwaschung und Auskolkung zu schützen haben und, wenn es nöthig ist, kann man statt der gewöhnlichen Befestigung der Böschungen durch Besodung, solche an besonders exponirten Stellen durch Steinbekleidung oder Pflasterung, besonders im Anschluß an die Brücken, damit das Wasser sich nicht etwa hinter denselben einen Weg bahne, befestigen.

Endlich kann auch noch der Fall vorkommen, wo die Straße selbst den Deich bildet.

Die Breite der Brücken steht für Eisenbahnen bei Brücken, wo über den Trägern gefahren wird, aus Gründen der Construction, bei solchen, wo zwischen den Trägern gefahren wird, durch das erforderliche Normalprofil des freien lichten Raumes bei Eisenbahnen fest. Es ist bekannt, daß man längere Chausseebrücken nicht in der vollständigen Breite der gesammten Straße überführt, sondern sie schmaler macht, um die Kosten des Oberbaues und der Pfeiler herabzuziehen.

2. Nothwendige Daten zur Ermittelung der Durchflußweite.

Zur Bestimmung der Durchflußweite einer Brücke müssen nun bekannt sein: die Wassermenge und die mittlere Durchflußgeschwindigkeit, woraus sich dann das erforderliche Durchflußprofil ergiebt, wenn man die Wassermenge pro Secunde durch die Geschwindigkeit in dieser Zeit dividirt, und dies so gefundene Profil wegen der stattfindenden Contraction etwas vergrößert und berücksichtigt, daß der Querschnitt etwaiger Strompfeiler abzuziehen ist. Um, wenn der Querschnitt des Durchflußprofils bekannt, die lichte Weite der Oeffnung zu erhalten, muß aber die Tiefe im Profil der Uebergangsstelle bei Hochwasser bekannt sein, welche vorhandene Tiefe von der Form des Flußprofils und dem Gefälle des Hochwassers an dieser Stelle bedingt ist und daher nicht willkürlich angenommen, oder etwa künstlich erheblich verändert werden darf.

Wenn die Bewegung des Wassers eine zwar permanente (wo durch jeden Querschnitt gleich viel Wasser fließt), aber ungleichförmige ist, so daß also z. B. auf geringere Strecken oberhalb und unterhalb des Ueberganges die Geschwindigkeiten, resp. Gefälle wechseln, so sind deshalb auf diesen Strecken die Tiefen verschiedener Querprofile, da die Sohle des Flusses dem Wasserspiegel in diesen Fällen nicht parallel ist, oft erheblich verschieden. Man wird dann, um weitläufige Rechnungen zu vermeiden*), eine mittlere Tiefe**) und ein mittleres Gefälle annehmen müssen,

*) Vergl. Rühlmann's „Hydromechanik, 1857, S. 132." Ungleichförmige Bewegung.

**) Uebrigens ist bei Ermittelung der mittleren Tiefe zu beobachten, daß solche möglichst bei höheren Wasserständen untersucht und bestimmt werde, denn bei diesen bleibt häufig das Flußbett nicht in dem Zustande, den es vorher bei Niedrigwasser hatte, namentlich dann nicht, wenn das Bett aus leicht beweglichem Material besteht. Bei höheren

welches letztere bei Niedrig- und bei Hochwasser übrigens verschieden sein kann, und welches sich durch etwa gleichzeitig mit dem Bau der Brücke vorzunehmende Correctionen oder Abgrabungen, resp. Einschränkungen, die in Folge des Baues der Brücke selbst erforderlich werden können, herausstellen würde, dessen Bestimmung a priori aber meistens nur annähernd wird gemacht werden können. Diesem mittleren Gefälle bei Niedrig- und bei Hochwasser entsprechen nun mittlere Geschwindigkeiten bei jedem der Wasserstände, welche man unter Zugrundelegung der vorausgesetzten Tiefe und der Form des herzustellenden Profils unter der Brücke und auf gewissen Strecken oberhalb und unterhalb derselben, annähernd durch Rechnung bestimmen kann, indem man am besten die Zahlencoefficienten der zu benutzenden Formel, wenn man Gelegenheit hat, aus Beobachtungen der Geschwindigkeiten und Gefälle in der Flußstrecke oberhalb und unterhalb der Brücke herleitet, oder eine sonst brauchbare Formel benutzt, welche der Beschaffenheit der Flußufer und der Sohle entsprechende Coefficienten besitzt. Es liegt in der Natur der Sache, daß man sich meistens mit Annäherungen wird begnügen müssen, die aber für den Zweck gewöhnlich ausreichen.

Würde man nun in der Absicht, die Weite der Brücke jedenfalls groß genug zu erhalten, die zulässige Geschwindigkeit in der Brücke erheblich kleiner als die gefundene annehmen, so würde man nicht nur eine größere Durchflußweite und daher eine längere Brücke erhalten, sondern es könnte auch der Fluß geneigt sein, den zu großen Querschnitt, sowohl bei Niedrig- wie bei Hochwasser, versanden zu machen, um ihn auf das Maaß desjenigen Querprofils zu verkleinern, welches den resp. mittleren Gefällen und den mittleren Geschwindigkeiten unter der Brücke, die beide durch die Profile in größeren Entfernungen oberhalb und unterhalb der Brücke mit bedingt sind, entspricht. Macht man aber, um an Durchflußweite, resp. Länge der Brücke zu sparen, die Geschwindigkeit unter der Brücke durch Einschränkung der Durchflußweite, resp. des Querprofils zu groß, so kann einmal ein den Oberliegern schädlicher Stau oberhalb der Brücke entstehen, oder auch die Flußsohle (wenn sie überhaupt von beweglichem Material ist) überdies Auskolkungen erleiden, die unter Umständen den Pfeilern gefährlich werden können. Endlich kann auch die größere Geschwindigkeit unter der Brücke der Schifffahrt lästig werden.

Wasserständen wird dies oft fortgeführt, bis zu einer Tiefe, wo der Untergrund fester wird, während zugleich die Geschwindigkeit abnimmt, so daß der Angriff in der Sohle sich vermindert. Dieser Umstand wird oft wenig berücksichtigt; temporäre Auskolkungen unter der Brücke können nicht schaden, sofern die Fundirungen derselben dadurch nicht gefährdet werden, und wenn man mit den Mitteln beschränkt ist, kann man, sofern unter der Sohle festere Schichten vorhanden, welche dem Auskolken eine Grenze setzen, die mittlere Tiefe größer als sonst zulässig annehmen, um eine geringe Durchflußweite zu erhalten.

Kommt aber der letztere Grund nicht in Frage und sind auch die Ufer hoch genug, um einen gewissen Stau zuzulassen, so kann man auch von derjenigen Geschwindigkeit ausgehen, welche an der Sohle zulässig ist, um das dort befindliche Material nicht in Bewegung zu setzen, und dann diese Geschwindigkeit der Berechnung der Weite zu Grunde legen. Zu dem Ende wird man wissen müssen, wie sich die größte Geschwindigkeit an der Sohle zu der größten Geschwindigkeit, die im Profil vorkommt, verhält, und daher auch das Verhältniß der mittleren Geschwindigkeit eines Profils zu der größten in diesem Profil kennen müssen. Oder auch, wenn eine zulässige Stauhöhe gegeben ist, kann man die Geschwindigkeit, welche bei derselben an der Sohle der Brücke stattfinden wird, annähernd durch Rechnung ermitteln und untersuchen, ob durch sie die Sohle angegriffen werden kann. Sollte dies der Fall sein, so kann man den Stau, resp. die Geschwindigkeit durch Vergrößerung der Durchflußweite herabziehen, oder auch die Sohle der Brücke und das Bette des Wasserlaufs auf genügende Länge oberhalb und unterhalb durch künstliche Befestigung mittelst Pflaster, durchgehender Betonbettungen ꝛc. versichern, so daß Austiefungen nicht erfolgen können. Vergleichende Kostenberechnungen müssen ergeben, welche Weite bei Anwendung dieser Mittel das Minimum an Gesammtkosten ergiebt.*)

Am weitesten würde man die Einschränkung der Weite treiben können, wenn man ein förmliches Wehr unter der Brücke herstellte, was aber meistens nur ausnahmsweise zulässig sein wird, und wodurch man in vielen Fällen wegen der vorzunehmenden Fundirungsarbeiten und der Befestigung des Grundes Ersparnisse gegen eine Brücke größerer Weite, deren Sohle nicht befestigt zu werden brauchte, nicht erreichen würde.

Am einfachsten und sichersten könnte es freilich erscheinen, die Wasserverhältnisse möglichst wenig zu ändern, und in einem ausgedehnten Ueberschwemmungsgebiete die Brücke eben so weit zu machen, wie das Profil, in welchem überhaupt das Wasser noch fließt, breit ist. Indessen würde eine solche Brücke wegen großer Länge erhebliche Kosten verursachen. Man schränkt daher gewöhnlich die Weite ein, indem man den, durch die an die Brücke anschließenden wasserfreien Dämme abgeschnittenen Theil des Hochwasserprofils durch Abgrabungen bis zu einer gewissen Tiefe, die sich genügend weit oberhalb und unterhalb der Brücke erstrecken, wieder herstellt, unter Berücksichtigung der Erfahrung, daß bei veränderter Wassertiefe die Geschwindigkeit bei gleichem Gefälle mit der Tiefe zunimmt (vergl. Fig. 7c).

*) Vergl. übrigens die Note S. 396 wegen Bestimmung der mittleren Tiefe.

Im Folgenden werden wir nun zuerst diejenigen praktischen Rücksichten zusammenstellen, welche zugleich bei weiterer Bearbeitung des Projectes zu nehmen sind.

B. Verschiedene bei der Anordnung des Ueberganges zu beobachtende Regeln.

a. Richtung der Straße oder Bahn.

1) Normale Richtung gegen den Stromstrich.

Der Bahn- oder Straßendamm und die darin zu legende Brücke müssen den Stromstrich und das Thal (unter Thal hier die von der Begrenzungslinie des Hochwassers eingeschlossene Fläche verstanden) so viel nur möglich der normalen Richtung gegen letzteres nahe, oder normal schneiden. Hierbei ist also vorausgesetzt, daß das Hochwasser in seinem Stromstriche die Richtung des Thals verfolge. Wenn Abweichungen hiervon an der Uebergangsstelle vorkommen, wird man die Pfeiler parallel mit dem Stromstriche legen (Fig. 7a und 7c).

2) Stellung der Pfeiler.

Die Stellung der Pfeiler nach ihrer Längsaxe wird, wenn die Brücke nicht normal übergeführt werden kann, dennoch parallel mit dem Stromstriche bei Hochwasser sein müssen, um dem Wasser besonders bei Eisgang möglichst ungehinderten Durchgang zu belassen. Die Brücke wird also in diesem Falle schief werden müssen (Fig. 7a). Am einfachsten ist dann die Herstellung eines eisernen Oberbaues. Will man eine massive Brücke erbauen und die Schiefe dabei vermeiden, so kann es in Frage kommen, ob man den Versuch machen will, durch Herstellung einer genügend breiten und langen Mulde durch Abgrabung im Thale die Richtung des Stromstriches zu verändern, was bei nicht sehr großen Thälern von Erfolg sein kann (Fig. 7b), und was auch da zweckmäßig geschieht, wo der eigentliche Flußlauf mit der Brückenaxe einen sehr schiefen Winkel bildet und zugleich stark serpentinirt (Fig. 7b).

3) Stromstrich und Wasserlauf bei mittleren Ständen.

Da, wo der Richtung des Stromstrichs, welche mit der allgemeinen Richtung des Thales häufig übereinstimmt, die Pfeiler parallel sind, stehen sie also nicht immer parallel mit dem Wasserlauf bei mittlerem Wasser im eigentlichen Flußschlauch (Fig. 7a). Wenn dies (z. B. wegen Schifffahrt) hinderlich und auch, wenn der Wasserlauf von mittlerer Größe stark serpentinirt, kann man oft ohne große Kosten denselben begradigen, so daß wenigstens annähernd auch die Richtung des eigentlichen Flußschlauches mit den Pfeilern parallel ist (Fig. 7b). Solche Correctionen sind bei kleineren Flüssen (z. B. Leine, Rhume, Werra, Fulda in der hannoverschen Südbahn) thunlich, bei größeren Flüssen schwieriger und kostspieliger. Inzwischen stimmt bei Letzteren, sofern nicht häufig in unregelmäßigen Linien angelegte alte Deiche in Frage kommen, die Richtung des Stromstriches meistens mehr mit der des Wasserlaufes bei gewöhnlichen Ständen überein, als bei kleineren Gewässern, deren Schlauch oft starke und vielfache Serpentinen bildet, so daß bei Hochwasser die Ufer oft quer überströmt werden.

4) Normale Weite der Oeffnungen.

In Fällen, wo eine Straße oder Bahn nebst darin belegener Brücke ein Flußthal in schräger Richtung durchschneidet, muß selbstredend die Durchflußweite für eine Durchschnittsebene normal zur Richtung des Stromstriches oder des Thales gerechnet werden.

b. Fluthbrücken.

5) Theilung der Strömung bei Hochwasser.

Die Bildung des Thales und die davon abhängige Richtung der Strömung bei Hochwasser können, außer einer Hauptbrücke, noch eine oder mehrere sogenannte Fluthbrücken erfordern. Es kommt nämlich vor, daß sich der Stromstrich theilt, und daß sich Vertiefungen und Mulden im Thale vorfinden, welche Veranlassung sind, daß neben der Hauptströmung sich noch eine oder mehrere schwächere Strömungen in Betten von geringer Tiefe einstellen, an welchen Stellen die Erbauung von sogenannten Fluthbrücken indicirt sein kann. Unter anderem kommen solche Brücken meistens vor, wenn in den zu überschreitenden Fluß Nebengewässer münden, welche sich, in einer Niederung des Hauptthales fließend, unterhalb des Ueberganges mit dem Flusse vereinigen (Fig. 8 und Fig. 9, a Hauptbrücke, b Fluthbrücke).

6) Fluthbrücken bei Dämmen, welche das Thal schräg schneiden.

In einem solchen Damme, welcher das Thal schräg schneidet, muß, weil sich das Hochwasser in der abgeschnittenen Ecke ausspiegelt, ebenfalls zuweilen auf Herstellung einer Fluthbrücke Bedacht genommen werden, um die behinderte Abwässerung des Terrains, dessen Gefälle meistens dem des Flusses folgt, in dieser Ecke gehörig wieder herzustellen (Fig. 10). Zuweilen wird man indessen dies durch einen Graben parallel mit dem Damme genügend erreichen können, wenn das fragliche Terrain nicht tief liegt oder nicht Sinken hat durch welche der Damm geht, deren Entwässerung die Herstellung eines sehr tiefen Grabens erfordern würde. Endlich, wenn die Ausspiegelung eine schädliche Höhe für die Anlieger erreichen könnte, würde man eine Fluthbrücke erbauen müssen.

7) Richtung der Pfeileraxe bei Fluthbrücken.

Da durch diese Fluthbrücken fast niemals Schifffahrt stattfindet und die Geschwindigkeit in ihnen meistens geringer als in der Hauptbrücke ist, so wird man häufig, auch wenn

der Damm schief gegen die Richtung der in ihnen stattfindenden Strömung ist, die Pfeiler normal gegen die Axe des Dammes legen können und so eine schiefe Brücke umgehen. Am ehesten wird man dies thun dürfen, wenn die Sohle einer solchen Brücke so gelegen ist, daß letztere erst dann erheblich Wasser abführt, wenn das Thal bereits in großer Weite überschwemmt ist und wenn etwaiger Eisgang vorzugsweise durch die Hauptbrücke seinen Weg nimmt.

8) Vertheilung des Durchflußprofils auf mehrere Brücken.

Werden außer der Hauptbrücke Fluthbrücken angelegt, so vertheilt sich das erforderliche ganze Durchflußprofil also auf beide Arten Brücken. Dabei wird man aber berücksichtigen müssen, daß, wenn in den meisten Fällen die Sohle der Fluthbrücken höher liegt als die der Hauptbrücke, auch bei Hochwasser, wegen der geringeren Tiefe, die Geschwindigkeit in diesen Brücken (bei gleichem Gefälle des Wasserspiegels) geringer als in der Hauptbrücke sein wird, weshalb, wenn man einen gewissen Querschnitt von der Hauptbrücke abnimmt und ihn der Fluthbrücke zutheilt, der für die Wasserabführung äquivalente Querschnitt der Fluthbrücke im umgekehrten Verhältnisse der Geschwindigkeiten größer sein muß.

c. Wasserstände und deren etwaige Veränderlichkeit in der Folge.

9) Höchster bekannter Wasserstand.

Bei den Bestimmungen der Wassermenge muß der höchste bekannte Wasserstand zu Grunde gelegt werden und, wenn derselbe bei etwaigen Beobachtungen der Wassermenge nicht vorhanden war, so muß die beobachtete mittelst der gebräuchlichen Annäherungsformeln auf den höchsten Stand reducirt werden. Zu berücksichtigen ist auch ob nicht wegen in Aussicht stehender Landes-Meliorationen, Beseitigung von Waldungen, Verkoppelungen, Herstellung von Abzugsgräben, Abdämmung von Niederungen, welche sonst das Hochwasser ausfüllte und aus denen es langsam in den Fluß sich beim Abnehmen des Hochwassers wieder ergoß, die Wassermenge bei Hochwasser, die innerhalb einer gewissen Zeit abfließt, sich nicht vermehren könne, wobei dann auch die Höhe des Wasserspiegels steigen kann, da nun dieselbe, oder auch eine größere Wassermenge in kürzerer Zeit zum Abflusse gelangt. Das Geradelegen stark serpentinirender Gewässer und die Begradigung der Nebengewässer kann ebenfalls von Einfluß auf die Vermehrung des Hochwassers sein, wenn die Gefälle sich ändern und die Dauer des Verlaufs abgekürzt wird*) (Fig. 7c). Indessen wird man, falls solche Arbeiten nicht in naher Aussicht stehen, diese Rücksichten nicht zu sehr in die Waage legen und größere Bauwerke nicht für erst spätere Zeiten und nur vielleicht eintretende Aenderungen der Wasserverhältnisse projectiren, da meistens die Möglichkeit einer Erweiterung der Brücke, wenn auch mit etwas größeren Anlagekosten als zur Zeit der Erbauung, vorhanden sein wird.

10) Erhöhung des Wasserstandes durch Stau.

In den meisten Fällen wird eine durch ein Thal geführte Damm- und Brückenanlage eine größere oder geringere Erhöhung des früheren Hochwasserstandes oberhalb der Brücke durch Stau bewirken, oder man müßte, was selten geschehen wird, eine solche allmälige Erweiterung des Thales oberhalb und unterhalb der Brücke eingerichtet haben, daß solche das Gefälle des Flusses an der Brückenstelle bei nicht vorhandener Brücke so weit veränderte, um eine Senkung des Wasserspiegels eintreten zu lassen, welche gleich dem Stau ist, der sich immer vor einer Brücke, welche Wasserpfeiler in fließendem Wasser hat, erzeugen muß. Der eingetretene Stau, welcher wegen der verschiedenen Geschwindigkeiten, die in der Breite des Profils stattfinden können, ebenso wie die Stauweite in den meisten Fällen nur annähernd wird berechnet werden können, darf nicht den aufwärts der Brücke gelegenen Ländereien und Wohnungen schädlich werden. Er darf ferner, wie bereits bemerkt, nicht so hoch angenommen werden, daß die Geschwindigkeit unter der Brücke die Sohle angreifen oder Auskolkungen neben den Pfeilern verursachen könne.

In Fällen, wo die Ufer nur eine bestimmte Wasserhöhe halten und, wenn der Wasserstand höher wird, überströmt werden, wo dann die hinterwärts etwa tiefer liegenden Ländereien die Verpflichtung haben das überfließende Wasser aufzunehmen, wird man die Ufer, falls die Brückenanlage einen Stau über den früheren Stand erzeugt, entsprechend erhöhen müssen, um den Anliegern nicht mehr Wasser als bisher zuzuschicken. In einem solchen Falle würde es sich um eine genauere Bestimmung der Staucurve handeln.*)

d. Höhenlage des Kämpfers bei massiven Brücken, oder der Brückenunterkante bei eisernen Brücken.

11) Höhe über dem höchsten Wasser wegen des Eisganges.

Die Höhenlage der Kämpferfuge bei massiven Brücken oder eisernen Bogenbrücken pflegt man nicht gern unter

*) Die durch Fluß-Correctionen, Verkoppelungen und sonstige Meliorationen 2c. entstehende Erhöhung des vordem stattfindenden höchsten Wasserstandes wird aber dadurch wieder herabgezogen und begrenzt, daß die Vorfluth durch jene Verhältnisse begünstigt wird, d. h. daß bis zum Eintreten des höchsten Wasserstandes schon erheblich größere Wassermengen als sonst abgeführt werden.

*) Vergl. Rühlmann's „Hydromechanik", S. 349 2c.; auch „Stauhöhe und Stauweite" von Gödeker, Zeitschr. des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins, Band VII, S. 135.

dem höchsten Wasser anzunehmen, damit das Wasser nicht an das Gewölbe treten, oder Eis solches beschädigen könne, vielmehr wird man noch etwas höher zu gehen suchen. Bei Halbkreisbögen wird man dazu am wenigsten in der Lage sein; die Höhenlage der Unterkante der Träger bei eisernen Balkenbrücken, oder der am tiefsten hinabreichenden Constructionstheile hölzerner Brücken wird ebenfalls 1 bis 2 Fuß über Hochwasser zu nehmen sein, um so mehr dann, wenn bei größtem Hochwasser Eisgang stattfindet — was zwar nicht immer der Fall ist, weil bei einigen Gewässern das Eis bei niedrigeren Hochwasserständen wegzugehen pflegt — damit die sich aufeinander schiebenden Eisschollen nicht die Constructionstheile erreichen können. Bei größeren Flüssen wird man oft das Maaß von 2 Fuß aus diesem Grunde vermehren müssen, bei kleineren, die wenig Eisgang und dabei geringe Geschwindigkeit haben, im Nothfall auf das Minimum von 1 Fuß herabgehen können. Man läßt dann den Damm event. mit einer Rampe auf die Höhe der Brücke steigen und an der anderen Seite wieder herabfallen.

12) Höhenlage wegen Schifffahrt.

Ferner muß bei dem Wasserstande, wo noch Schifffahrt stattfindet, diese nicht behindert werden. Meistens legen vor einer größeren Brücke die Schiffe die Masten nieder, zu welchem Zwecke man Mastenkrähne auf beiden Seiten der Brücke zum Niederlassen und Wiederaufnehmen errichten kann; Dampfschiffe kippen auch die Schornsteine. Sonst hervorragende, nicht zu beseitigende Theile, als: hoch aufgestapelte Ladungen, Cajüten, Zelte ꝛc. müssen mit gehörigem Spielraum wegen unruhigen Wassers passiren können, wobei erstgenannte Theile selbstredend am höchsten ragen, wenn das Schiff unbeladen ist. Auf den unteren Flußstrecken sind die Schiffe indessen häufig so construirt, daß ein Niederlegen der Masten nicht einzurichten ist.

13) Durchlaßöffnungen für Schiffe.

In diesem letzteren Falle muß die Unterkante der Brücke, resp. das Gewölbe einer massiven, hoch genug liegen, um die Schiffe mit Masten durchzulassen, oder es muß eine Oeffnung mit einem beweglichen, weniger oder mehr breiten Theile, also eine Brücke mit einer Klappe für das Durchlassen des oberen Theils der Masten, oder eine Klapp-, Dreh-, Rollbrücke ꝛc. gemacht werden. Diese Anlagen sind bei Straßen lästig, da sie Bedienung erfordern, bei Eisenbahnen sucht man sie wegen der großen Gefahr, die damit für den Betrieb verbunden ist, wenn irgend thunlich, zu vermeiden, und wenn dies nicht angeht, wendet man ein sorgfältiges Signalsystem an, um die richtige Stellung der Brücke in genügender Entfernung mit der größten Sicherheit erkennen zu können.

14) Veränderung der Straßenhöhe, um genügend hoch zu kommen.

Endlich ist die Höhe der Straße oder Bahn selbst maaßgebend, da, wenn solche aus Gründen der zweckmäßigsten Profilirung nicht wohl verändert werden kann, nur eine gewisse, oft beschränkte Höhe zwischen Straßenoberkante und Hochwasser disponibel ist. Bei geringer Höhe sind eiserne Oberbauten angezeigt und eine vergleichende Kostenberechnung muß ergeben, ob es zweckmäßig ist, den an die Brücke stoßenden Straßen- oder Bahndamm zu erhöhen und massive Constructionen, oder auch Holzconstructionen, von denen Erstere immer, Letztere meistens mehr Höhe der Fahrbahn über Hochwasser erfordern, als eiserne Brücken, zu verwenden. Bei Erhöhung des Straßendammes kommen mehr Erdarbeiten und mehr Bedarf an Grundfläche vor, oder auch, wenn man die Erdarbeiten einschränken will, wird sich meistens die Gradiente der Straße verschlechtern. Bei der Brücke werden die Pfeiler höher. Bei Eisenbahnbrücken hängt die Anordnung der Träger und ihre Höhenlage zur Fahrbahn mit dieser Frage zusammen.

c. Eintheilung der Gesammtweite in mehrere Oeffnungen.

15) Wovon die Weite jeder von mehreren Oeffnungen abhängt.

Wenn die gesammte Durchlaßweite der Brücke feststeht, so handelt es sich noch um die zweckmäßigste Weite jeder einzelnen Oeffnung der Brücke. Die Weite letzterer hängt ab:

1) Vom Eisgang, worüber an ausgeführten Brücken desselben Flusses oft Erfahrungen vorliegen.
2) Von den Anforderungen der etwa vorhandenen Schifffahrt oder Flößerei.
3) Von der Höhe der Brücke, weil die Kosten der Pfeiler mit der Höhe wachsen.
4) Von der größeren oder geringeren Schwierigkeit der Pfeilergründung, so zwar, daß bei schlechtem Baugrunde oder sonst kostspieliger Fundirung (große Wassertiefen, viel Wasserschöpfen, große Abdämmungsarbeiten ꝛc.) man Ursache hat, die Spannweite der einzelnen Oeffnungen zu vergrößern, um die Zahl der Pfeiler zu verringern.

Die Rücksichten sub 3 und 4 erfordern also, daß die Kosten des Oberbaues und der Pfeiler zusammengenommen ein Minimum werden, vorausgesetzt, daß den Bedingungen sub 1 und 2 gleichzeitig genügt ist.

16) Pfeiler in der Stromrinne sind zu vermeiden.

Man vermeidet es thunlichst, einen Pfeiler in die Stromrinne zu stellen, weil dadurch der Wasserabfluß und

die Schifffahrt beeinträchtigt, auch das Abtreiben des Eises erschwert werden, abgesehen noch von dem schlechten Aussehen einer solchen Anordnung bei einer Brücke mit wenigen, z. B. 2 oder 4 Oeffnungen.

f. Leinpfade.

17) Wo solche zu berücksichtigen.

Die Anlage von Leinpfaden, resp. von Oeffnungen für dieselben muß, wo Schiffszug vorkommt, berücksichtigt werden. Wenn vor einer Brücke Aufenthalte vorkommen, weil z. B. die Masten niedergelegt werden und man also Zeit hat, die Zugleine um die Brückenpfeiler herumzubringen, ist es nicht durchaus erforderlich, daß der Leinpfad in der Schifffahrtsöffnung befindlich sei, und er kann ohne Schaden weiter von ihr entfernt liegen oder durch eine besondere Oeffnung gehen. Zuweilen findet man auch einen Leinpfad auf jedem Ufer, wenn die Schiffe von beiden Seiten gezogen werden.

g. Allgemeine Bemerkungen.

18) Große Veränderungen in den Wasserverhältnissen sind zu vermeiden.

Ein Hauptgrundsatz ist, die bestehenden Wasserverhältnisse thunlichst wenig durch eine Brückenanlage zu verändern, weshalb man in vielen Fällen es vorzieht, die Weite etwas reichlich anzunehmen, um so mehr als die Kosten der Brücke (sofern man nicht deshalb eine Oeffnung mehr nehmen muß) dadurch meistens nicht erheblich wachsen. Man entschließt sich daher nicht leicht, erhebliche Correctionen oder Verlegungen des Flußlaufes vorzunehmen. Immer wird man der Zustimmung der Interessenten oder Anlieger bündig sich versichern. Es ist vortheilhaft, die Gemeinden und Interessenten auch gegen Gewährung anderer Vortheile zu bewegen, wenn auch nur kleine Beiträge zu den Flußcorrectionen zu leisten, weil darin eine indirecte Zustimmung zu der Zweckmäßigkeit derselben gefunden werden kann, welche sie sonst gern, wenn sie aus Vorkommnissen, die nicht durch die Brückenanlage herbeigeführt oder in ihr begründet sind, vom Hochwasser mehr als sonst zu leiden haben, anzweifeln, und dabei Entschädigungsklagen anstellen, die meistens zu sehr weitläufigen Verhandlungen führen.

19) Communication unter den Behörden.

Bei der Anlage größerer Brücken seitens einer Straßen- oder Eisenbahnverwaltung findet immer eine Communication mit der Wasserbaubehörde statt, da diese mit den Wasserverhältnissen am meisten bekannt ist, auch werden häufig die Projecte kleinerer Brücken derselben zur Erklärung des Einverständnisses vorgelegt. Auf dazu anberaumten Terminen finden vor den Verwaltungsbehörden Verhandlungen statt, um das Einverständniß der Interessenten herbeizuführen. In streitigen Fällen entscheidet dann die Regiminalbehörde.

h. Eisstopfungen bei größeren Brücken über eingedeichte Flüsse.

20) Wie solche möglichst zu vermeiden oder doch unschädlich zu machen sind.

Bei zweckmäßig angeordneter Lage der Brücke und entsprechender Regulirung des Flusses kommen Eisstopfungen vor Brücken nicht eben häufig vor. Bei größeren Flüssen und besonders im unteren Flußlaufe, wo die niedrig gelegenen werthvollen Marschen durch Deiche geschützt, deren Bruch durch eine Eisstopfung herbeigeführt werden und erhebliche Gefahren für die Bewohner derselben und Schaden an deren Eigenthum im Gefolge haben kann, treten die Maaßregeln zur Abwehr dieser Gefahr in den Vordergrund. Man kann in Kürze etwa folgende als die Maaßregeln bezeichnen, welche Eisstopfungen bei Brücken möglichst zu vermeiden geeignet sind.

1. Wählt man für den Brückenübergang wo möglich eine Stelle, wo das Hochwasserprofil nicht zu sehr eingeschränkt ist, und wo das Strombett einen regelmäßigen, ziemlich geraden Lauf hat, oder wo ihm doch ein solcher leicht gegeben werden kann.

2. Kommt der Uebergang bei einer Erweiterung vor, so stellt man durch Vorschieben des Bahndammes die normale Breite her, wobei man zugleich die Deiche gehörig anschließt und auf dem Vorlande auf genügende Länge oberhalb und unterhalb des Brückenüberganges die etwa nöthigen Abgrabungen vornimmt. Hierdurch erreicht man, daß das Hochwasser in einem regelmäßigen Schlauche zusammengefaßt wird, und daß keine Verzögerungen in der Geschwindigkeit der Eisschollen in der Nähe der Brücke vorkommen, wodurch erstere ihr Bewegungsmoment zum Theil verlieren könnten (Fig. 10a).

3. Giebt man der Brücke nicht nur eine ausreichende Gesammtweite, um das Hochwasser ohne bedeutenden Aufstau durchzulassen, sondern man stellt auch die einzelnen Oeffnungen zwischen den Pfeilern in einer so großen Weite her, wie es ohne überwiegende Constructionsschwierigkeiten geschehen kann. Diese kommen bei dem jetzigen Stande der Brückenbautechnik bekanntlich bei Weiten von 400—500 Fuß, welche in fast allen Fällen genügen werden, nicht vor.

4) Giebt man den Pfeilern, welche übrigens so tief zu fundiren sind, daß bei Eisversetzungen vorkommende Auskolkungen ihren Bestand nicht gefährden können, eine scharfe, das Eis brechende Form, oder was noch wirksamer ist, man versieht sie in der Richtung, woher das Eis kommt, mit Eisbrechern in gegen den Horizont geneigter Lage. Endlich sorgt man dafür, daß die Eisdecke oberhalb und unterhalb

der Brücke vor dem Aufbruche des Eises in nicht zu geringer Entfernung aufgeeist werde.*)

5) Um die Gefahr für die oberhalb der Brücke liegenden Deiche bei Eisstopfungen zu verringern, regulirt man die Deichlinien, indem man vorspringende Ecken, welche sich der Strömung und dem Eisgange entgegensetzen, abschneidet und verbessert die Deiche selbst, indem man sie den Umständen nach so viel erhöht und verstärkt, daß sie, soweit sich nach Kenntniß und Erfahrung darüber urtheilen läßt, dem Wasser bei einer Eisstopfung zu widerstehen vermögen.

Will man noch mehr thun, so kann man z. B.

a. dem einen Deich an dem am meisten dazu geeigneten Ufer nur eine solche Höhe geben, daß derselbe das eisfreie Hochwasser abhält und bei Eisstopfungen zuerst zum Ueberlauf kommt oder

b. man kann denselben, wenn er ausgedehnte bewohnte Gegenden nicht zu schützen hat, unter Umständen auch nur in starker Sommerdeichshöhe aufführen.

Legt man dann endlich den Bahndamm hinter den Deichen so, wie früher erwähnt, daß er nur genügend über dem höchsten Binnenwasser erhaben bei etwaigem Deichbruche überströmt wird, so wird man damit Alles, was möglich, gethan haben, um die eingedeichten Marschen zu schützen. Alle Gefahr läßt sich bei solchen Anlagen nicht vermeiden**). Fig. 10a giebt zwei Projecte für einen solchen Fall. Die punktirten Linien gehören zum Projecte AbbB, welches eine größere Flußverlegung erfordert, die gestrichelten zum Projecte AaaA.

C. Speciellere Vorarbeiten.

a. Die erforderlichen Messungen.

1) Stromkarten.

Zur Entwerfung eines Projects für eine Brücke bedarf es zuerst gewisser Daten, zur Erlangung welcher Vorarbeiten gemacht werden müssen.

*) Vergl. über eiserne Eisbrecher: „Brücke über den Niemen bei Kowno, von Brammer. Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ingen.-Vereins, 1862, Band IX, S. 54 m. Z. — „Eiserner Eisbrecher in der Weser zu Bremen, von Berg." Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ingen.-Vereins, 1866, S. 46 m. Z. — „Notice sur quelques ponts métalliques des chemins de fer russes par Cezanne." Annales des ponts et chauss., 1864. Sept. et October m. Z. — „Eisbrecher von Eisen der Brücke bei Dünaburg über die Dwina." Oppermann, Nouvell. annal. de la constr. April 1863, m. Z. — „Hölzerne Eisbrecher der Brücke über die Yssel zu Westerwort" in den Verhandelingen van het koninklyk instituut van Ingenieurs 1856—1857. Erste Aflevering. — „Als Eisbrecher geformte gemauerte Pfeiler der Victoria-Brücke über den Lorenz-Strom in Canada." Berliner Bauzeitung von Erbkam, 1860; auch in „Construction of the great Victoria bridge, Canada." By James Hodges. (Prachtwerk.)

**) Vergl.: Eine interessante Anlage bezüglich der berührten Verhältnisse: Unruhe und Benda, „die Elbbrücke bei Wittenberge." Berliner Bauztg. 1854.

Eine vollständige Stromkarte ist dabei erwünscht, welche sich auf eine genügende Ausdehnung erstrecken muß. Der Maaßstab von $^1/_{10000}$ ist reichlich klein, besser ist $^1/_{5000}$ oder der gebräuchliche Maaßstab der Expropriationskarten von $^1/_{2000}$ und besser $^1/_{1000}$ für die Stelle bei der Brücke. Der Ursprung des Flusses wird dabei zweckmäßig auf der linken Seite der Karte gedacht, damit die Schrift mit der Richtung der Strömung laufe. (Vergl. Hagen, „Wasserbau. Aufnahme der Stromkarten." Funk's „Beiträge zur allgemeinen Wasserbaukunde.")

Es müssen in einer solchen Karte angegeben sein: die Uferlinien des Flusses bei niedrigem, mittlerem und größtem Wasserstande.

Letztere sind nicht immer genau zu ermitteln und man muß sich oft begnügen, die Grenze der größten Inundation durch Aussagen der Anwohner, welche oft die höchsten Wasserstände durch Marken an Bäumen, an ihren Häusern, Mühlen ꝛc. bezeichnen, zu erkundigen, wobei eine sorgfältige Controle und Vergleichung der verschiedenen Angaben stattfinden muß. Die Hochwasserstände, bei welchen Eisgänge vorkommen, sind ebenfalls zu erkundigen. Abbrüche, Verlandungen ꝛc. müssen eingetragen und die Ursachen derselben, ob z. B. durch Angriff des Wassers, Eisgang, Schölung ꝛc. entstanden, erkundigt werden.

Bei Nivellements-Arbeiten ist zu berücksichtigen, daß der Wasserstand des Flusses veränderlich ist, so daß die Wasserstände auf einen Zeitpunkt zu reduciren sind. Ferner sind Inseln und Sandbänke, Alluvionen, Weidenanpflanzungen, Uferbefestigungen der verschiedenen Arten, von Faschinage oder Holz- und Steinbauten, influirende Nebengewässer und Gräben, die Grundstücke, welche vom Hochwasser überschwemmt werden, anzugeben; Sümpfe, alte Flußarme, Deiche, Wehre, Coupirungen, Seiten-Canäle, Pegel, Schleusen, Leinpfade, Anstalten zur künstlichen Entwässerung der niedrigen Ufer ꝛc.

Endlich die Grenzen der anliegenden Städte, Dörfer oder einzelnen Etablissements, die Haupt- und Nebenwege, die Furthen, Fähren, Brücken, Stege, Mühlen, Landungsplätze für Schiffe, Schiffsbauplätze ꝛc.

Eine so vollständige Karte ist meistens nur für die Zwecke der Stromregulirung und um zu einer allgemeinen Kenntniß der Verhältnisse zu gelangen, erforderlich. Für die Anlage einer Brücke genügt dieselbe schon, wenn auch einige der oben angegebenen Requisiten darauf fehlen.

Die Bodenbeschaffenheit der Flußsohle wird ebenfalls zu erkundigen sein, um Anhaltspunkte für die zulässige Geschwindigkeit unter der Brücke zu haben. Dies geschieht außerdem bei Gelegenheit der Vorarbeiten für den Bau der Brücke, wo Bodenuntersuchungen, Bohrungen ꝛc. bekanntlich gemacht werden.

2) Gefälle des Wasserlaufs, Nivellements.

Ein vollständiges Nivellement des Flusses bei den drei verschiedenen Wasserständen, welche am meisten interessiren, ist ferner erforderlich. Auf welche Länge dasselbe sich erstrecken muß, um für die Bestimmung der Brückenweite zu genügen, ist nicht allgemein zu sagen und wird dabei in Frage kommen, ob die Form der Profile in der Nähe der Uebergangsstelle wenig Abweichungen zeigt und das Bette sich im Beharrungszustande befindet, oder ob noch mit der Zeit, event. durch die Brückenanlage Veränderungen vor sich gehen können, ob mit der Anlage zugleich Correctionen nöthig werden ꝛc. Dies Nivellement ist an möglichst viele unveränderliche Fixpunkte anzuschließen und hat besonders die oberhalb gelegenen Ländereien, Häuser ꝛc. zu berücksichtigen, welche bei einem entstehenden Stau in Frage kommen könnten. In vielen Fällen wird man, besonders in der Nähe der Brücke, ohne viel mehr Arbeit ein vollständiges Höhennetz nivelliren können, welches Quadrate von 5 oder 10 Ruthen auf der Karte umfaßt. Diese Höhenzahlen trägt man in die Situation ein, wodurch man einen guten Ueberblick gewinnt. Zur besseren Uebersicht wird man dabei alle gemessenen Höhen auf einen gemeinschaftlichen Nullpunkt, gewöhnlich auf den, worauf die Höhe der Straße oder Bahn bezogen ist, reduciren, während man bei Vornahme des Nivellements vorerst an passende Fixpunkte anschließen kann, die man später auf den allgemeinen Nullpunkt bezieht.

Die Wasserstände sind nun in ein Längenprofil einzutragen, wobei es selbstredend erforderlich ist, daß solche gleichzeitig beobachtet wurden, und man kann zu mehrerer Deutlichkeit bei einem Uebersichtsprofil die Höhen in einem 10- bis 20fach größeren Maaßstabe als die Längen eintragen.

Man wird nach den gemachten Nivellements, in Anschluß an die auf andere Weise durch Peilungen zu messenden Querprofile des Flusses selbst, die Querprofile des ganzen Thals auftragen können.

3) Herstellung der Querprofile.

Zur Ermittelung der Wassermenge, welche der Fluß bei verschiedenen Ständen führt, ist es erforderlich, die Dimensionen seines Querprofils und die mittlere Geschwindigkeit in diesem Profile, oder die Geschwindigkeiten in einzelnen, der Größe nach bekannten Theilen des Querprofils, zu kennen. Die Ermittelung der Form des Profils geschieht durch Peilungen und die Form desselben ist um so genauer herzustellen, je näher man die Verticalen, in welchen die Tiefe gemessen wurde, beieinander legt. Bei großen Flüssen, wo die Tiefen im Bette der Quere nach nicht in kurzen Abständen sehr verschieden zu sein pflegen, wird man sie etwas weiter (10—20′), bei kleineren etwas näher legen (5—10′) und wenn steile Ufer vorkommen, dort näher als an anderen Stellen, man wird dann das Profil z. B. in einem Maaßstabe $1/_{200}$ auftragen und es an das Quernivellement anschließen, um so ein vollständiges Querprofil des Thales bis zur Inundationsgrenze zu erhalten, in welches die verschiedenen Wasserstände eingetragen werden, worauf man den Inhalt des zu jedem Wasserstande gehörigen ganzen Profils des Thals berechnen kann. Um für die Wasserstände keine zu großen und wenig übersichtlichen Zahlen zu erhalten, kann man solche auf eine Null-Horizontale durch Niedrigwasser beziehen und die darunter befindlichen Tiefen mit blau, die darüber gelegenen Höhen mit roth bezeichnen, oder man kann auch den höchsten Wasserstand als Null-Horizontale annehmen, so daß man bis zur Grenze der Inundation nur blaue Zahlen erhält. Mit Hilfe dieser Messungen kann man nun in die Situation hinein, ähnlich wie man Horizontalcurven bei Situationen verzeichnet, Tiefenlinien unter Hochwasser construiren, wodurch die Höhenlage des Bettes sehr übersichtlich dargestellt wird.

Zweckmäßig kann man auch diese Querprofile, welche nach Umständen in Entfernungen von 10 bis 15 Ruthen von einander genommen sind, in eine in großem Maaßstabe aufgetragene Situation einzeichnen und zwar so, daß man sie sich in die Ebene des Grundrisses (also von 90° aus der Verticalebene) niedergelegt denkt, weil es unbequem ist, Situation und Profil aus verschiedenen Blättern miteinander vergleichen zu müssen.

Von Wichtigkeit ist es, in die Situation die Richtung des sogenannten Stromstriches, worunter man die Richtung der stärksten Strömung versteht, einzutragen. Bei gewöhnlichem Wasserstande wird sie meistens mit den tiefsten Stellen der Querprofile (der sogenannten Stromrinne) zusammenfallen, während sie bei höheren Wasserständen mehr von der Gestalt der hohen Ufer des Thales abhängig ist, so daß die niedrigen Ufer eines stark serpentinirenden Flusses oft quer überströmt werden. Man bestimmt die Richtung des Stromstriches möglichst annähernd dadurch, daß man den Weg ermittelt, welchen bei ruhiger Witterung freischwimmende Körper verfolgen.

Für den Zweck der Erbauung der Brücke sind auch graphische Tabellen der Wasserstände in den verschiedenen Monaten oder Wochen, welche eine möglichst lange Reihe von Jahren umfassen, deshalb erwünscht, weil man durch sie nach der Zeit, in welche der Bau fällt, die Höhe etwaiger Abdämmungen, welche während Herstellung der Pfeiler nöthig sind, besser bemessen und die während des Baues vermuthlich eintretenden Wasserstände besser beurtheilen kann. In dieser Tabelle müssen auch die Wasserstände mit Eisgängen angegeben sein.

b. Ermittelung der Wassermenge.

4) Allgemeines. Gleichförmige Bewegung des Wassers.

Je nachdem nun die Vorarbeiten mehr generelle oder specielle sind, also einen vorläufigen Entwurf etwa zum Zweck eines Kostenüberschlages, oder aber einen definitiven Entwurf zum Zweck der Erbauung der Brücke ermöglichen sollen, kann man sich mit mehr oder weniger vollständigen Daten begnügen und im ersteren Falle begnügt man sich oft mit Rechnungen, die sich auf die Kenntniß weniger Daten, die beobachtet oder gemessen sind, stützen, während bei genaueren Arbeiten man möglichst viele der nothwendigen Anhaltepunkte sorgfältig durch Beobachtung ermitteln wird, mit Instrumenten, welche die größtmögliche Genauigkeit erwarten lassen.

Die vorhin erwähnten Profilmessungen wird man zu jeder Zeit machen können. Kommt kein Hochwasser während der Zeit der Vorarbeiten vor, so wird man wenigstens Kenntniß von dem Gefälle auf der in Frage kommenden Strecke bei irgend einem Hochwasserstande zu erlangen suchen müssen, welcher vom höchsten Wasserstande nicht sehr verschieden ist, da die Gefälle bei verschiedenen Hochwasserständen, besonders wenn die Querprofile in den Breiten sehr abweichend sind, oft sehr verschieden ausfallen. Directe Messungen der Geschwindigkeiten und Bestimmungen der Wassermenge, wodurch man die Coefficienten der etwa gebrauchten Formeln durch eigene Beobachtung bestimmen und eine Formel herstellen kann, deren Coefficienten mehr für das Local passen als die aus anderen Versuchen hergeleiteten, werden immer am meisten verbürgen, daß man, soweit es der Natur der Sache nach zu erreichen ist, Wassermengen, Geschwindigkeiten bei anderen Wasserständen ꝛc. der Wirklichkeit am entsprechendsten bestimmt.

Nachdem also die Querprofile in genügender Anzahl gepeilt und aufgetragen sind, handelt es sich um die Bestimmung der Wassermenge, also zuerst um die Ermittelung der Geschwindigkeit an verschiedenen Stellen eines jeden Querprofils, woraus man eine mittlere Geschwindigkeit ableiten kann. Die Bewegung des Wassers in Wasserläufen erfolgt auf Grund seines Gefälles, so daß alles in ihnen fließende Wasser nothwendig Gefälle nach der Richtung des Abflusses haben muß. Wird die beschleunigende Kraft, welche hier wegen der Niveaudifferenz des Wasserspiegels für eine gewisse Länge vorhanden ist, durch den Widerstand des Bettes auf dieser Länge aufgehoben, so wird die Geschwindigkeit am unteren Ende der Strecke gleich der am oberen Ende sein, und wenn das Bette eine nahezu gleiche Form hat, kann man genau genug annehmen, daß die Widerstände auf der ganzen Länge gleichmäßig sich vertheilen, woraus folgt, daß in diesem Falle auf der ganzen Strecke eine gleichförmige Bewegung vorhanden und das Gefälle constant ist. In diesem Falle, wo also die Gleichförmigkeit der Bewegung des Wassers, Gleichheit der Querprofile, also gleiche Breite und Tiefe, und weil das Wasserquantum gleich bleibt, gleiche mittlere Geschwindigkeit voraussetzt, wird auch der Boden des Flusses dem Wasserspiegel parallel sein. Auf dieser Strecke befindet sich denn auch der Fluß im Beharrungszustande und das Bette wird, auch wenn es aus beweglichem Material besteht, während des Vorhandenseins der vorausgesetzten Bewegung nicht verändert, abgesehen davon, daß Material aus den oberen Strecken, wo meistens die Geschwindigkeit größer ist, herabgeführt wird und sich in Form von Sinkstoffen, deren Menge bei Hochwasser meistens am größten (z. B. Rhein $1/_{500}$, Nil $1/_{120}$, Gebirgsflüsse oft bis $1/_{40}$ ihres Inhalts) niederschlägt, wo die Geschwindigkeit klein genug geworden ist.

An solchen Stellen des Flusses, wo ein solcher Beharrungszustand besteht, spricht man auch, daß das Normalprofil, die Normalbreite und Normaltiefe vorhanden seien. Finden Einschränkungen statt und wird die Geschwindigkeit vergrößert, so sucht der Fluß sein Profil wieder herzustellen und zwar durch Vergrößerung desselben in der Breite und Tiefe, wenn die Beschaffenheit der Ufer und der Sohle dies zulassen. Gewöhnlich vergrößert sich zuerst die Tiefe, worauf die Breite nachfolgt, und wenn die Ufer letzteres nicht zulassen, wenn z. B. feste Widerlager einer Brücke eingebaut sind, so wird die Vertiefung um so größer ausfallen.

Indessen kann noch ein anderer Fall gedacht werden, wo die mittlere Geschwindigkeit constant ist. Legt man Bazin's Formel für die mittlere Geschwindigkeit bei der Bewegung des Wassers in Canälen mit Erdwänden zu Grunde:

$$v^2 = \frac{a h}{p l} \cdot \frac{1}{0{,}00028\left(1 + \frac{1{,}25}{t}\right)},$$

worin, Alles für Metermaaß, v die mittlere Geschwindigkeit, a den Querschnitt des Profils, p den Wasserperimeter, $\frac{h}{l}$ das Gefälle pro Längeneinheit und t die mittlere Tiefe bezeichnen, so ist v constant, wenn der Ausdruck rechts constant ist. Setzt man $a = \frac{Q}{v}$, wenn Q die Wassermenge pro Zeiteinheit bezeichnet, so ist auch, wenn man $\frac{h}{l} = \alpha$ setzt,

$$v^3 = \frac{\alpha}{p\left\{0{,}00028\left(1 + \frac{1{,}25}{t}\right)\right\}}\, Q$$

und also v^3, daher auch v constant, wenn der Quotient auf der rechten Seite denselben Werth ergiebt, so daß also

auch die Formeln über gleichförmige Bewegung da Anwendung finden können, wo letzteres genau genug der Fall ist, weil die Voraussetzung, die bei Herleitung dieser Formeln gemacht wird, in der Annahme beruht, daß die mittlere Geschwindigkeit in den aufeinander folgenden Profilen sich nicht ändere, denn nur in diesem Falle durfte man annehmen daß der Widerstand genau so groß sei wie die beschleunigende Kraft in Folge des Gefälles.

5) Ungleichförmige Bewegung.

Kommen aber auf einer Strecke Beschleunigungen und Verzögerungen und daher verschiedene mittlere Geschwindigkeiten vor, so müssen auch verschiedene Gefälle vorhanden sein und da die Wassermenge, die durch jedes Profil geht, für die fragliche Strecke als gleich vorausgesetzt wird, so sind auch die Profile verschieden, also ihre Breiten oder Tiefen, oder beide zugleich, und es ist eine ungleichförmige Bewegung des Wassers vorhanden. Die Sohle des Flusses kann dann beliebig, parallel dem Wasserspiegel, oder auch aufwärts oder abwärts geneigt sein. Man wird daher für etwaige Anwendung von Formeln, die sich auf eine gleichförmige Bewegung beziehen (z. B. von Eytelwein oder Bazin), nur eine gewisse Strecke, wo die Bewegung als gleichförmig angenommen werden kann, benutzen dürfen, im anderen Falle führt die Betrachtung der ungleichförmigen Bewegung zu sehr complicirten Rechnungen, die auch nur angenäherte Resultate ergeben.*) Sind indessen die Gefälle und die Querprofile für die fragliche Strecke nicht sehr verschieden, so wird man mit Mittelwerthen rechnen dürfen, um ein genügend genaues Resultat zu erhalten.

6) Ermittelung durch Messungen.

Hat man Gelegenheit, während der Vorarbeiten hohe oder die höchsten Wasserstände zu beobachten, so geschieht die Messung der Geschwindigkeiten an verschiedenen Stellen des Querprofils in bekannter Weise mit verschiedenen Hydrometern, von denen die gebräuchlichsten: Schwimmer, der Woltmann'sche Flügel und die Pitot'sche Röhre sind und deren Gebrauch in den Werken über Wassermessen beschrieben wird.**)

Hat man in jeder Perpendicularen in verschiedenen Höhen die Geschwindigkeiten gemessen, so kann man die mittlere jeder Abtheilung des Profils annähernd finden, wenn man jedes zugehörige Stück mit der betreffenden Geschwindigkeit multiplicirt und durch die ganze zu einer Perpendicularen gehörigen Fläche A dividirt, also (Fig. 11)

$$v_m = \frac{v\,a + v_1 a_1 + v_2 a_2 + \dots v_n a_n}{a + a_1 + a_2 + \dots a_n}$$

und die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Profils, wenn man die mittlere v_m in jeder Perpendicularen mit dem zur Perpendicularen gehörigen Querschnitt multiplicirt und die Summe durch die ganze Profilfläche dividirt, also

$$V_m = \frac{v_m A + v_{m1} A_1 + v_{m2} A_2 + \dots v_{mn} A_n}{A + A_1 + A_2 + \dots A_n}.$$

Hierbei können die Perpendicularen verschiedene Entfernungen haben (Fig. 11), oder was genauer sein wird, man theilt sie so ein, daß sie gleich entfernt liegen und ermittelt die Geschwindigkeiten in gleichen Tiefen, so daß ein regelmäßiges Netz über dem Querschnitte entsteht (Fig. 12).*)

Weniger genaue Resultate wird man selbstredend erhalten, wenn man nur die Geschwindigkeit an der Oberfläche in verschiedenen Perpendicularen mißt und von dieser nach Formeln, die den Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit an der Oberfläche und der mittleren, oder auch der kleinsten an der Sohle angeben, weiter schließt, da diese Formeln unter sich erhebliche Abweichungen ergeben.**)

Noch weniger genaue Resultate kann man erwarten, wenn man die größte Geschwindigkeit in einem Querprofile ermittelt und von dieser (vergl. unten Bazin's Formel und Weisbach's Annahmen) auf die mittlere des ganzen Querprofils schließen muß.

Nach neueren, im Großen gemachten Versuchen ist die Geschwindigkeitsscala eine Parabel, deren Axe mit dem Wasserspiegel parallel und um eine gewisse Tiefe (etwa $^3/_{10}$ der ganzen Tiefe) unter demselben liegt. Dabei ist aber der Parameter der Parabel umgekehrt der Wurzel aus der mittleren Geschwindigkeit des Querschnittes proportional, also selbst veränderlich. In der Tiefe, wo die Axe der Parabel liegt, findet also die Maximalgeschwindigkeit statt, aber diese Tiefe ist wieder von der Wirkung des Windes abhängig. Bei ruhigem Wetter liegt die Axe der Parabel ungefähr $^3/_{10}$ unter dem Wasserspiegel, was auch die mittlere Geschwindigkeit sein möge.

Beobachtungen haben ergeben, daß der Wind, je nachdem er entweder stromauf- oder stromab weht, im erstern Falle die Axe der Parabel tiefer schiebt, im andern dieselbe mehr der Oberfläche nähert. Hiernach ist auch, da der Wind die mittlere Geschwindigkeit der Hochwasserwelle ver-

*) Rühlmann, „Hydromechanik." — Weisbach, „Ing.-Mechanik," Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen. — Gayffier, Nouveau Manuel des ponts et chaussées," 1859, II. Theil, S. 131, „ungleichförmige Bewegung."

**) Hagen, Rühlmann, Eytelwein, Mechanik; Bornemann, Hydrometrie ꝛc.

*) Vergl. für Ausführlicheres Eytelwein's „Mechanik und Hydraulik" von Forster, 3. Aufl., S. 393, Rühlmann's „Hydromechanik," S. 274, Weisbach, „Ingenieur-Mechanik."

**) Vergl. Rühlmann, „Hydromechanik," S. 290, und über die Art, wie Wassermessungen überhaupt anzustellen, die in der vorigen Note angezogenen Werke; auch Hagen's „Wasserbau" und Bornemann's „Hydrometrie."

zögert oder vermehrt, das Wasserquantum etwas verschieden, weshalb es auch aus diesem Grunde erwünscht ist, bei derartigen Messungen möglichst ruhiges Wetter zu haben. Für genauere Rechnungen verweisen wir auf die unten angegebene, eben so ausführliche, wie interessante Quelle*) und nehmen für die Folge an, daß die größte Geschwindigkeit an der Oberfläche stattfinde, um einfachere Formeln, welche die Uebersicht weniger erschweren, anzuwenden, da die aus den unten genannten amerikanischen Versuchen resultirenden Formeln zusammengesetzter sind und ein Eingehen auf die Theorie der Bewegung des Wassers in Flüssen erfordern würden, was hier zu weit führen würde.

7) Ableitung der mittleren Geschwindigkeit aus der bei einem hohen Wasserstande beobachteten größten und Reduction derselben auf den höchsten Wasserstand.

Hat man die Messungen bei einem Wasserstande gemacht, welcher niedriger als der höchstbekannte ist, so muß man noch auf die Wassermenge bei diesem letztern Wasserstande schließen. Dies kann mit Hilfe einer der zu dem Ende zusammengestellten empirischen Formeln insofern nur annähernd geschehen, als diese Formeln sich meistens auf fast regelmäßige und gleich große, aufeinander folgende Profile beziehen, welche Voraussetzung bei natürlichen Wasserläufen stets nur annähernd zutrifft. Theils sind auch die Coefficienten dieser Formeln aus Versuchen in nur kleinem Maaßstabe hergeleitet.

Die Eytelwein'sche Formel

$$v^2 = k^2 \cdot \frac{h}{l} \cdot \frac{a}{p},$$

worin v die mittlere Geschwindigkeit, $\frac{h}{l}$ das relative Gefälle, a den Querschnitt eines Querprofils, p den benetzten Perimeter, k einen Zahlencoefficienten bezeichnen, ist bekannt genug. Im Folgenden geben wir einige Notizen über eine Formel von Bazin von der Form

$$v^2 = \left(\frac{1}{\alpha + \beta\left(\frac{p}{a}\right)}\right) \frac{h}{l} \cdot \frac{a}{p},$$

welche den Coefficienten nach Maaßgabe der mittleren Tiefe $\frac{a}{p}$ als veränderlich darstellt.

*) Nr. 4. Professional papers of the corps of topographical engineers. United states army. Report upon the Physics and Hydraulics of the Mississippi River, upon the protection of the alluvial region against overflow etc. prepared by Captain A. Humphreys and Lieut. H. L. Abbot, Philadelphia; J. B. Lippincott & Co., 1861, pag. 134 etc., worin sich auch eine sehr vollständige Literatur über Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen findet.

8) Bazin's Formel für gleichförmige Bewegung des Wassers in Canälen.*)

Zur Vergleichung mit der bekannten Eytelwein'schen Formel führen wir noch die von Bazin nach seinen Versuchen aufgestellte an. Nach ihm ist zu setzen:

$$\frac{RI}{U^2} = x + \frac{\beta}{R},$$

wenn bezeichnen:

R den sogenannten mittleren Radius, welchen man findet, wenn man den Querschnitt des Profils durch den benetzten Perimeter dividirt, also unter bekannten Bezeichnungen $R = \frac{a}{p}$, I das Gefälle pro Längeneinheit $= \frac{h}{l}$, welches für die in Frage kommende Strecke als constant angesehen wird, und U die mittlere Geschwindigkeit im Querprofil, α und β aus den Versuchen zu bestimmende Coefficienten.

Die Form des Profils der Canäle, in welchen Bazin operirte (rechtwinklige, trapezförmige, dreieckige und kreisförmige), scheint auf die Coefficienten keinen großen Einfluß gehabt zu haben, wohl aber die Beschaffenheit der Sohle und der Wände, ob diese nämlich mehr oder weniger glatt sind ꝛc.

Bazin stellt aus seinen Versuchen folgende 4 Formeln zusammen, indem er 4 verschiedene Classen von Canälen, wie sie in der Praxis etwa vorkommen können, annimmt, worin die Coefficienten für Metermaaß gelten.

1) Sehr ebene Wände, glatt geputzter Cement, sorgfältig gehobelte Holzeinfassung:

$$\frac{RI}{U^2} = 0{,}00001 + \frac{0{,}0000003}{R} = 0{,}00001\left(1 + \frac{0{,}03}{R}\right).$$

2) Ebene Wände (behauene Steine, Backsteine, Bohlenwände, Putz von Cement mit Sand gemischt):

$$\frac{RI}{U^2} = 0{,}00019 + \frac{0{,}0000133}{R} = 0{,}00019\left(1 + \frac{0{,}07}{R}\right).$$

3) Wenig ebene Wände von Bruchsteinmauerwerk:

$$\frac{RI}{U^2} = 0{,}00024 + \frac{0{,}00006}{R} = 0{,}00024\left(1 + \frac{0{,}25}{R}\right).$$

4) Erdwände:

$$\frac{RI}{U^2} = 0{,}00028 + \frac{0{,}00035}{R} = 0{,}00028\left(1 + \frac{1{,}25}{R}\right),$$

welche letztere Formel auch für die Bewegung des Wassers in Flüssen brauchbarer sein soll, als die sonst wohl benutzten Formeln von Prony und Eytelwein. Sofern sich indessen an dem benetzten Perimeter Erschwernisse der Bewegung,

*) Comptes rendus de l'académie des sciences, 1863, S. 192 und 255, Band 57. Rapport sur un mémoire présenté par M. Bazin sur le mouvement de l'eau dans les canaux decouverts; auch in Darcy et Bazin: Recherches hydrauliques. Paris. Dunod.

Wasserpflanzen, Gebüsch, Gerölle ꝛc. finden, kann die **Bewegung erheblich verzögert** werden, so daß dann eine **Correction** der Coefficienten nicht entbehrt werden kann.

Aus dieser letzten Formel erhält man die mittlere Geschwindigkeit im Querprofil:

$$U = \sqrt{\frac{RI}{0{,}00028\left(1+\frac{1{,}25}{R}\right)}} = \sqrt{\frac{\frac{ah}{pl}}{0{,}00028\left(1+\frac{1{,}25}{R}\right)}}.$$

Diese Formel unterscheidet sich also von der Eytelwein'schen dadurch, daß der Zahlencoefficient vor dem Wurzelzeichen mit der Tiefe veränderlich ist. Man erhält nämlich:

für $R = \frac{1}{3}, \frac{2}{3}, 1, \frac{4}{3}, \frac{5}{3}, 2, \frac{7}{3}, \frac{8}{3}, 3$ Meter,
$k = 27{,}44,\ 35{,}32,\ 39{,}86,\ 43{,}05,\ 45{,}20,\ 46{,}92,\ 48{,}28,\ 49{,}32,\ 50{,}40,$

wenn man $U = k\sqrt{\frac{a}{p}\cdot\frac{h}{l}}$ schreibt;

oder für hannoversches Fußmaaß, wo die Formel wird:

$$U = \sqrt{\frac{\frac{ah}{pl}}{0{,}000082\left(\frac{1+4{,}275}{R_1}\right)}} = k_1\sqrt{\frac{a}{p}\cdot\frac{h}{l}},$$

wird für $R_1 = 1,\ 2,\ 3,\ 4,\ 5,\ 6,\ 7,\ 8,\ 9,\ 10$ Fuß,
$k_1 = 48{,}10,\ 62{,}38,\ 70{,}92,\ 76{,}80,\ 81{,}10,\ 84{,}39,\ 87{,}35,\ 89{,}15,\ 90{,}98,\ 92{,}42.$

Was den Zusammenhang zwischen der mittleren Geschwindigkeit und der größten im ganzen Querprofil anbetrifft, so ist bekannt, daß die letztere in einem gewissen Abstande unter der Oberfläche sich befindet, welcher Abstand um so größer sein soll, je größer die Tiefe eines Wasserlaufes, verglichen mit seiner Breite, ist. Bei solchen Rechnungen also, wo man die größte Geschwindigkeit in einem Querprofil, z. B. durch Schwimmer ermittelt, um davon auf die mittlere zu schließen, würde man durch Versuche die Eintauchungstiefe der Schwimmer, bei welchen sie sich am schnellsten bewegen, finden müssen. — Bei den vorliegenden Experimenten haben nur geringe Tiefen zur Disposition gestanden, so daß die größte Geschwindigkeit nahe der Oberfläche gewesen ist. Nennt man die größte Geschwindigkeit V, so setzt Bazin:

$$\frac{V}{U} = 1 + k\sqrt{\frac{RI}{U^2}}$$

und findet aus seinen Versuchen, daß der Coefficient

$$k = \frac{\frac{V}{U}-1}{\sqrt{\frac{RI}{U^2}}} = 14$$

gesetzt werden könne, für alle Fälle, wo $\frac{RI}{U^2}$ nicht größer als 0,001 ist, was meistens der Fall sein wird.

Hiernach ist also

$$\frac{V}{U} = 1 + 14\sqrt{\frac{RI}{U^2}},$$

oder auch, wenn man die mittlere Geschwindigkeit aus der größten bestimmen will,

$$U = V - 14\sqrt{RI} = V - 14\sqrt{\frac{a}{p}\cdot\frac{h}{l}}$$

und wenn man $R = t$ setzt bei Wasserläufen, deren Breite zur Tiefe groß ist, so daß $p = b$ gesetzt werden kann und $a = bt$ ist, wo t also die mittlere Tiefe bedeutet

$$U = V - 14\sqrt{t.\frac{h}{l}}.$$

Für hannoversches Fußmaaß wird

$$U = V - 26\sqrt{RI} \text{ und}$$

$$U = V - 26\sqrt{t\frac{h}{l}}.$$

Aus $\frac{V}{U} = 1 + 14\sqrt{\frac{RI}{U^2}}$ hat man auch noch

$\frac{V}{U} = 1 + 14\sqrt{0{,}00028\left(1+\frac{1{,}25}{R}\right)}$ für Metermaaß

und $\frac{V}{U} = 1 + 26\sqrt{0{,}000082\left(1+\frac{4{,}275}{t}\right)}$ für hannoversches Fußmaaß.

Hat man also die größte Geschwindigkeit V in einem Profil im Stromstrich in einer gewissen Tiefe unter der Oberfläche ermittelt, so kann man diese Formel benutzen, um daraus die mittlere, U zu finden, welche mit dem Querschnitt des Profils multiplicirt, die Wassermenge ergiebt.

Die Versuche Bazin's über die Abnahme der Geschwindigkeit in einer und derselben Verticalen nach der

Sohle zu, sind bei so geringen Tiefen angestellt, daß sie für unsere Zwecke nicht brauchbar erscheinen.

9) Annähernde Berechnungen.

Benutzt man nun Bazin's Formel für hannoversches Maaß:

$$v^2 = \frac{ah}{pl} \cdot \frac{1}{0{,}000082\left(1+\frac{4{,}275}{t}\right)},$$

so hat man für eine andere Geschwindigkeit bei höherem Wasser, wo sich die Dimensionen des Profils und das Gefälle ändern, wenn man solche mit dem Inder bezeichnet und reducirt:

$$v_1^2 = \frac{p a_1}{p_1 a} \cdot \frac{0{,}000082\left(1+\frac{4{,}275}{t}\right)}{0{,}000082\left(1+\frac{4{,}275}{t_1}\right)} \cdot \frac{h_1 l}{h l_1} \cdot v^2,$$

oder für Metermaaß:

$$v_1^2 = \frac{p a_1}{p_1 a} \cdot \frac{0{,}00028\left(1+\frac{1{,}25}{t}\right)}{0{,}00028\left(1+\frac{1{,}25}{t_1}\right)} \cdot \frac{h_1 l}{h l_1} \cdot v^2.$$

Beim Gebrauch dieser Formel kann man die bei dem höheren Wasser vorhandenen Querschnitte und Perimeter aus den Profilen messen, das veränderte Gefälle bei Hochwasser $\frac{h_1}{l_1}$ muß aber aus Beobachtungen bei dem höchsten Wasser bekannt sein. Ist dies nicht der Fall, so wird man sich mit einer Annäherung begnügen und $\frac{h_1}{l_1} = \frac{h}{l}$ setzen müssen, wobei also der letzte Factor rechts $= 1$ wird.

Zur Controle kann man sich auch noch der Eytelwein'schen Formel bedienen*), welche ebenfalls die mittlere Geschwindigkeit angiebt:

$$v^2 = k^2 \cdot \frac{h}{l} \cdot \frac{a}{p},$$

wobei man genauer verfährt, wenn man den Coefficienten k aus der Prony'schen Formel:

$$\frac{ah}{pl} = Av + Bv^2 \text{ berechnet.}$$

Es ist dann, weil

$$k^2 = \frac{v^2}{\frac{ah}{pl}}, \text{ auch } k^2 = \frac{v^2}{Av + Bv^2},$$

$$k^2 = \frac{1}{\frac{A}{v} + B},$$

und man erhält für die Eytelwein'sche Formel:

*) Vergl. Rühlmann's „Hydromechanik," S. 304.

$$v^2 = \frac{1}{\frac{A}{v} + B} \cdot \frac{ha}{lp},$$

oder $v^3 = \frac{v}{A + Bv} \cdot \frac{ha}{lp}$, mithin

$$\frac{v^3}{v_1^3} = \frac{\frac{v}{A+Bv} \cdot \frac{ha}{lp}}{\frac{v_1}{A+Bv_1} \cdot \frac{h_1 a_1}{l_1 p_1}} = \frac{(A+Bv_1)v}{(A+Bv)v_1} \cdot \frac{h a l_1 p_1}{h_1 a_1 l p},$$

also $v_1^3 = \frac{v^3 (A+Bv) v_1 \,.\, h_1 a_1 l p}{(A+Bv_1) v \,.\, h a l_1 p_1}$.

Man kann nun annähernd anfänglich rechts $v = v_1$ setzen und, nachdem man einen Werth von v_1 gefunden, denselben rechts substituiren und dies Verfahren beliebig oft fortsetzen, um die gewünschte Genauigkeit zu erhalten. Die oben benutzten Prony'schen Coefficienten sind für Metermaaß:

$$A = 0{,}00004445, \quad B = 0{,}00030931,$$

und für hannoversche Fuße:

$$A = 0{,}00004445, \quad B = 0{,}000090336.$$

Hinsichtlich des bei höherem Wasser veränderten Gefälles gilt das oben Gesagte. Auf eine große Uebereinstimmung der Resultate beider Formeln wird man indessen kaum rechnen dürfen.

Ungenauer würde man verfahren, wenn man in der Eytelwein'schen Formel:

$$v = k\sqrt{\frac{h}{l} \cdot \frac{a}{p}},$$

worin $k = 90{,}9$ für preußische Fuß,
$94{,}2$ „ hannoversche „
$50{,}9$ „ Meter

die Abhängigkeit dieses Coefficienten von der Geschwindigkeit oder der Tiefe vernachlässigt und außerdem das Gefälle als gleichbleibend bei verändertem Wasserstande ansieht. Man hätte dann:

$$v : v_1 = \sqrt{\frac{a}{p}} : \sqrt{\frac{a_1}{p_1}},$$

und wenn man bei einem Profil, dessen Breite, verglichen mit der Tiefe, groß ist, $p = b$ setzt, weil $a = bt$, so erhält man:

$$v : v_1 = \sqrt{t} : \sqrt{t_1},$$

den bekannten Satz, daß sich die mittleren Geschwindigkeiten bei verschiedenen Wasserständen wie die Wurzeln aus den Tiefen verhalten, wobei man bei einem unregelmäßig geformten Profile mittlere Tiefen wird einführen müssen und, wie im Folgenden bemerkt, das Profil, wenn die Tiefen sehr verschieden sind, in mehrere Theile zerlegen muß, von denen man jeden für sich behandelt.

Nach der Formel von Bazin würde man unter denselben **Voraussetzungen** erhalten für Metermaaß:

$$v : v_1 = t\sqrt{\frac{1}{0{,}00025\,(1{,}25+t)}} : t_1\sqrt{\frac{1}{0{,}00025\,(1{,}25+t_1)}}.$$

Handelte es sich bei Anwendung der Formeln von **Eytelwein** oder Bazin um ein Thal, welches einen tieferen Flußschlauch hat, und in welchem zu einer oder beiden **Seiten das** Hochwasser auf den überschwemmten Ufern **fließt** (Fig. 13), so darf man nicht, ohne große Ungenauigkeiten zu begehen oder auch auf Ungereimtheiten zu stoßen*), die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Profils ermitteln, sondern man muß dasselbe in 2 oder 3, oder den Umständen nach, mehrere Theile theilen, und das Wasserquantum eines jeden Theils für sich ermitteln.

10) Geeignete Stellen zur Ermittelung der Wassermenge.

Am genauesten und bequemsten ermittelt man die **Wassermengen** an Stellen, wo der Fluß zwischen hohen **Ufern eingeschlossen** ist oder ein Defilé zeigt, z. B. für die **Leinebrücke bei** Herrenhausen haben das Defilé der Leine **bei Neustadt und das** bei Hannover (Brücke über die Ihme **in Linden und** Leine-Brücke beim Clever-Thore) gedient, dabei kann man aber, wenn zwischen der beobachteten Stelle und der Brückenbaustelle Nebengewässer in den Fluß sich ergießen, deren Hochwassermenge nicht immer ohne Weiteres hinzuzählen, weil das Hochwasser dieser kleineren Gewässer selten gleichzeitig mit dem Hochwasser des Flusses, meistens wohl früher erfolgt.

Wie man bei vorhandenen Brücken, Wehren ꝛc. mit **Berücksichtigung** der Geschwindigkeit des ankommenden Wassers und der Stauhöhe die Wassermenge ermittelt, darüber finden sich in den meisten Lehrbüchern der Hydraulik die erforderlichen Angaben.**) Dabei muß man untersuchen, ob bei Hochwasser auch das gesammte Quantum durch die Brücke fließt, und ob nicht etwa vorhandene Mulden- oder Fluthbrücken dann ein Quantum Wasser abführen, welches dem durch die Brücke fließenden hinzuzurechnen ist.

11) Ungefähre Ermittelung der Wassermenge durch Berechnung, wenn nur das Gefälle und das Querprofil bekannt sind.

War man nicht in der Lage, Geschwindigkeitsmessungen **anzustellen**, sondern sind nur das Querprofil und aus der durch das Nivellement bekannten Höhe einiger sorgfältig erkundigten Hochwassermarken, deren gegenseitige Entfernung ebenfalls gemessen ist, ein mittleres Gefälle für die fragliche Strecke bekannt, so kann man, wie im Vorigen bereits vorgekommen, die Wassermenge mittelst der Formeln von Eytelwein oder Bazin annähernd berechnen.

Theilt man das Profil, je nachdem es Verschiedenheiten zeigt, in eine gewisse Anzahl, z. B. n Theile und ist der Querschnitt eines jeden a, so ist also die Wassermenge, welche durch diesen Querschnitt fließt (Fig. 13):

$$Q = av = a\sqrt{\frac{ah}{pl}\,\frac{1}{0{,}000082\left(1+\frac{4{,}275}{R}\right)}},$$

wobei $R = \frac{a}{p}$ ist, und die gesammte Wassermenge ist dann:

$$= Q + Q_1 + \ldots\ldots Q_n.$$

Setzt man, wenn die Tiefen nicht groß, indem man in jedem Stücke des Profils eine mittlere Tiefe einführt:

$a = bt$ und $p = b$, so hat man auch

$$Q = bt\sqrt{\frac{t^2h}{l}\cdot\frac{1}{0{,}000082\,(t+4{,}275)}},$$

$$Q = \sqrt{\frac{h}{l}}\cdot bt^2\sqrt{\frac{1}{0{,}000082\,(t+4{,}275)}},$$

und ebenso die Wassermenge der übrigen Querschnitte, indem man die entsprechenden Werthe für b und t einführt.

Bei der Eytelwein'schen Formel verfährt man in gleicher Weise.

Unter den zuletzt gemachten Voraussetzungen hätte man

$$Q = av = ak\sqrt{\frac{a}{p}\cdot\frac{h}{l}},$$

$$Q = k\sqrt{\frac{h}{l}\cdot\frac{bt}{b}}\cdot bt,$$

$$Q = k\sqrt{\frac{h}{l}}\cdot bt^{3/2},$$

wobei man je nach der ungefähr bekannten Geschwindigkeit einen dazu gehörigen Werth des Coefficienten k wird setzen müssen, oder erst die Geschwindigkeit mittelst Hilfe des Coefficienten (50,9 für Meter, 90,9 für preuß. Fuß ꝛc.) berechnen kann und dann k nach der gefundenen Geschwindigkeit ermittelt und von Neuem in die Formel setzt, und durch Wiederholung dieses Verfahrens bei Bestimmung der Geschwindigkeit jede Genauigkeit erreichen kann, welche die Formel zu gewähren im Stande ist.

Uebrigens gilt die Bazin'sche Formel mit den angegebenen Coefficienten für Canäle mit Erdwänden und es ist von erheblichem Einflusse, ob die Ufer des Flusses bewachsen, die bei Hochwasser überströmten Theile mit Grasnarbe, Gerölle oder sonstigen, die Geschwindigkeit verzögernden Hindernissen und Unebenheiten versehen sind. Es bleibt, sofern man durch Versuche für das Local die Coefficienten nicht hat bestimmen können, dann nichts An-

*) Vergl. Hagen's „Wasserbau." Bewegung des Wassers in Strömen, das Capitel, gleichförmige Bewegung. Auch Rühlmann's „Hydromechanik,". S. 306.

**) Vergl. die oft citirten Werke von Eytelwein, Weisbach, Bornemann, Rühlmann ꝛc.

deres übrig, als die Geschwindigkeit durch Schätzung um eine gewisse Procentzahl zu verringern, wie es z. B. in dem am Ende berechneten Beispiele auch geschehen ist.

Von mehreren näher liegenden Profilen wird man die Mittelwerthe für a und p nehmen und zu ermitteln suchen, ob das relative Gefälle im Stromstrich, wo man die größte Geschwindigkeit ermittelt, von dem auf den überschwemmten Ufern des Thales vielleicht etwas abweicht. (Siehe Beispiel am Ende.)

12) Empirische Methoden zu oberflächlichen Schätzungen.

Schätzung der Wassermenge nach dem Niederschlagsgebiete.

Hat man durch eine der vorhin beschriebenen Methoden die Wassermenge ermittelt, so kann es immerhin noch von Interesse sein, die Resultate mit sonst noch bekannten Angaben zu vergleichen. Es liegen zuweilen Ermittelungen vor, wie viel Wasser an bestimmten Stellen die Flüsse pro Quadrateinheit, z. B. pro Quadratmeile des Niederschlagsgebietes abführen. Lahmeyer*) hat z. B. über die Consumtionsverhältnisse der Weser, Elbe und Ems und deren Nebenflüsse bei den niedrigen und höchsten Wasserständen Versuche gemacht und findet, daß pro Secunde auf die Quadratmeile kommen für den niedrigsten Wasserstand:

a. nahe den Quellen in gebirgigen Gegenden $5^1/_2$ bis 6 Cubikfuß hannoversch.
b. in bergigen und hügeligen Gegenden $4^1/_2$ Cubikfuß hannoversch.
c. im flachen Lande 4 Cubikfuß hannoversch.

Durchzieht der Fluß, wie z. B. die Ems und Sude meistens sandiges Terrain, so vermindert sich die Wassermenge in bergigen und hügeligen Gegenden auf 3 Cubikfuß und in Ebenen auf $2^1/_2$ Cubikfuß pro Secunde.

Für den höchsten Wasserstand findet derselbe bei den genannten Gewässern pro Secunde und auf die Quadratmeile als Mittel aus den ausgeführten Tabellen**):

a. nahe den Quellen in gebirgigen Gegenden	600—700	Cubikfuß,
b. in bergigen Gegenden	450—550	"
c. im hügeligen Lande	350—400	"
d. im flachen Lande	250—300	"

Dabei wird in manchen Fällen zu berücksichtigen sein, ob durch Meliorationen des Terrains die Wassermenge sich nicht verändern könne. Die Aller führt z. B. bei Verden zwar nur 218 Cubikfuß pro Secunde ab, aber sie durchzieht vorzugsweise flaches, uncultivirtes, mooriges Terrain, welches erst dann, wann das Hochwasser der Leine (welche in die Aller fließt) bereits größtentheils zum Abflusse gelangt ist, die Niederschläge liefert. Werden die Moorflächen erst alle in Cultur gesetzt und mit Gräben durchschnitten, so wird es sich herausstellen, ob das Wasser mehr mit dem Hochwasser der Leine zugleich abfließen und die Aller nicht etwa 250—300 Cubikfuß pro Quadratmeile in der Secunde abführen wird. Mit Sicherheit lassen sich die dann eintretenden Verhältnisse deshalb nicht angeben, weil cultivirte Moorflächen in diesem verbesserten Zustande auch mehr Niederschlag als sonst aufnehmen können.

Empirische Methode von Blohm.

Zur annähernden Bestimmung der Wassermenge, welche kleinere Nebenflüsse bei ihren stärksten Ergießungen enthalten, soll man die mittlere Wassermenge in den Wintermonaten benutzen können nach folgender, von Blohm aufgestellten Betrachtung:

Die stärksten Ergießungen pflegen dann einzutreten:

1. wenn während eines ununterbrochen fortdauernden Frostes eine erhebliche Menge Schnee herabgefallen ist;
2. wenn dieser nicht vom Winde zusammengehäuft wird, sondern ziemlich gleichmäßig über dem Boden verbreitet ist und also für ein rasches und gleichzeitiges Schmelzen desselben die vortheilhaftesten Bedingungen vorhanden sind;
3. wenn der Erdboden vor dem Fallen des Schnee's mit Feuchtigkeit übersättigt gefror, weil das Schneewasser beim Aufthauen dann nicht in den Boden einsinken kann, sondern den Gräben und Bächen unverkürzt und ungehindert zugeführt wird;
4. wenn das Thauwetter plötzlich eintritt und von warmem Regen begleitet ist, weil die Schneemassen dann in der kürzesten Zeit abgeführt werden.

Nach den Untersuchungen französischer Ingenieure, die von Arago veröffentlicht worden sind, führen die Flüsse nicht mehr als etwa $^1/_3$ des gefallenen Niederschlages, $^2/_3$ werden vom Boden verschluckt, von den Pflanzen verzehrt und von der Luft verdunstet.

Im Winter ist aber nach plötzlich eintretendem Thauwetter die Verdunstung fast gleich Null, die Pflanzen befinden sich im Zustande der Erstarrung, und der hartgefrorene, mit einer Eisdecke überzogene Boden vermag nur sehr wenig oder gar kein Wasser einzuschlucken. Der schmelzende Schnee müßte nach dieser Voraussetzung also ohne Abzug in die Nebenflüsse gelangen. Weil aber viele Gräben und Niederungen ausgefüllt werden und ein Theil des Wassers in den Unebenheiten des Bodens stehen bleibt, so darf man annehmen, daß $^1/_3$ des Niederschlages (welches die Flüsse nachher speist) gleich anfangs nicht zum Abflusse

*) Lahmeyer in der Zeitschrift des hannov. Architekten- u. Ingenieur-Vereins, Band V, 1859, S. 229; vergl. auch Hagen's „Wasserbau," worin sich ähnliche Angaben über andere Flüsse finden.

**) Aus solchen Annahmen ist auch die empirische Regel entstanden, pro Quadratmeile Niederschlagsgebiet etwa 100 Fuß Querschnitt der Durchflußöffnung einer Brücke zu rechnen.

gelangt, daß aber die übrigen $^2/_3$ während der Dauer einer Anschwellung in den Recipienten geführt werden. Heißt diese Wassermenge M und die in den anzunehmenden Wintermonaten abfließende m, bezeichnet man ferner die Dauer einer ununterbrochenen Frostzeit mit D und die aus Beobachtungen und der Erfahrung bekannte Dauer einer Anschwellung mit T, so ist nach den vorhergegangenen Erläuterungen:

$$M = \frac{2 D m}{T},$$

denn das Doppelte des gewöhnlichen, während der langen Frostzeit stattfindenden Abflusses, muß in den wenigen Tagen einer Anschwellung vorübergeführt werden.

Als Beispiel führt Blohm an, daß die mittlere Wassermenge der Seeve (in der Nähe von Harburg) in den Wintermonaten = 145 Cubikfuß pro Secunde ist. Er setzt die Dauer einer ununterbrochenen Frostzeit in diesem Falle = 60 Tagen und die beobachtete Zeit einer starken Anschwellung der Seeve zu 4 Tagen. Dann ist also:

$$M = \frac{2.60.145}{4} = 4350 \text{ Cubikfuß pro Secunde.}$$

Dies Verfahren ist nicht frei von begründeter Kritik, denn abgesehen davon, daß aus dem Obigen nicht folgt, daß die im Winter abfließende mittlere Wassermenge $^1/_3$ des ganzen, während der Zeit sich ansammelnden Niederschlags ist, und daß sie z. B. viel von Speisung durch Quellen abhängen kann, fließt die aufgethaute Wassermenge vom Beginn des Abflusses nicht gleichmäßig ab, denn der Niederschlag schmilzt nicht plötzlich, sondern es findet ein Maximum des Zuflusses in den Recipienten statt, wenn das Wasser von den am meisten entfernten Stellen des Niederschlagsgebietes sich mit dem in der Nähe des Recipienten befindlichen, vielleicht noch nicht ganz geschmolzenen vereinigt hat. Dauert z. B. das vollständige Wegschmelzen gleichmäßig während $\frac{T}{2}$ und kommen gerade am Ende dieser Zeit die am weitesten entfernten Wasserelemente zum Abfluß, so kann die Maximalwassermenge in diesem Zeitpunkte bis zu 2 M angewachsen sein.*)

Endlich würden, um die ganze Wassermenge zu erhalten, zu den 4350 Cubikfuß noch die regelmäßig während des Winters abfließenden 145 Cubikfuß hinzuzufügen sein.

Schätzung aus Vergleichung der Niederschlagsgebiete.

Wir wollen hier noch eine andere Methode zur Schätzung der Hochwassermenge eines Flusses aus der Vergleichung seiner Niederschlagsgebiete erwähnen, welche indessen ebenfalls ungenau ist, da bei Flüssen, welche erhebliche Nebengewässer haben, die Zunahme der Wassermenge nicht immer proportional der Zunahme des Niederschlagsgebietes bis zu einer bestimmten Stelle angesehen werden kann; auch ist die Größe des Niederschlags im obern und untern Flußlaufe verschieden, ebenso die Beschaffenheit des Bodens, daher die Absorption desselben, und die Zuflüsse erfolgen nicht gleichzeitig, da die Hochwasser der Nebengewässer mehr oder weniger mit dem des Flusses zusammenfallen.

Betrachtet man die Wassermenge M als irgend eine Function der Größe des Niederschlagsgebietes, so kann man z. B. setzen:

$$M = Ax + Bx^2,$$

worin A und B Coefficienten, welche z. B. mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate oder auf andere Weise aus einer Anzahl Beobachtungen bestimmt werden können.*)

Für die Leine hat man z. B. die Hochwassermenge bei Salzderhelden 18200 Cubikfuß und das Niederschlagsgebiet von der Quelle bis dahin 43,06 Quadratmeilen. Die Wassermenge bei Herrenhausen ist etwa 40000 Cubikfuß und das Niederschlagsgebiet bis dahin 99,21 Quadratmeilen.

Man will nun die Wassermenge der Leine bei Groß-Freden finden, bis wohin das Gebiet 56,10 Quadratmeilen beträgt. Man hat also:

$$18200 = 43{,}06\,A + 43{,}06^2\,B,$$
$$40000 = 99{,}20\,A + 99{,}20^2\,B,$$

Die Auflösung dieser beiden Gleichungen ergiebt:

$$A = 437{,}59, \quad B = -0{,}3463$$

und man erhält für die Leine bei Groß-Freden:

$$M = 56{,}1\,A + 56{,}1^2\,B \quad \text{substituirt}$$
$$M = 56{,}1 . 437{,}59 - 56{,}1^2 . 0{,}3463$$
$$M = 23459 \text{ Cubikfuß pro Secunde,}$$

während andere etwas genauere Ermittelungen 21620 Cubikfuß ergeben haben sollen, und in dem Beispiele zur Bestimmung einer Brückenweite am Schluß 23194 Cubikfuß berechnet sind. Diese große Uebereinstimmung ist indessen als eine zufällige zu betrachten.

c. Einfluß der Brücken-Anlage auf den Wasserlauf.

13) Schätzung des Staues bei Brücken.

Wird nun über einen Fluß, welcher von steilen hohen Ufern eingeschlossen ist, eine Brücke erbaut, welche mehrere Oeffnungen und daher Pfeiler erhält, so wird, da man bis zur Brückenbaustelle in diesem Falle eine allmälige Erweiterung der Ufer, welche gleich der Dicke sämmtlicher Pfeiler ist, selten eintreten lassen kann, das Wasser bei seinem

*) Vergl. in dieser Zeitschrift 1866, S. 135: „Ueber einige empirische Verfahrungsarten, die Durchflußweite von kleineren Brücken aus der Größe des Niederschlagsgebietes zu bestimmen.

*) Weisbach, „der Ingenieur", 3. Aufl., S. 77.

Durchgange durch die Brücke einen kleineren Querschnitt finden und daher unter der Brücke selbst eine größere Geschwindigkeit als oberhalb und unterhalb haben müssen. Es entsteht, um diese Vermehrung der Geschwindigkeit herbeizuführen, daher oberhalb der Brücke ein Stau, welcher bei einem regelmäßigen Profil, wo die mittleren Geschwindigkeiten der einzelnen Perpendiculären nahezu dieselben sind, mit ziemlicher Annäherung berechnet werden kann. Ist z. B. v die größte Geschwindigkeit innerhalb der Brücke und v_0 die kleinste an der Stelle, wo dicht vor der Brücke der Stau am höchsten, so ist genau genug, wenn x die Stauhöhe:

$$x = \frac{v^2}{2g} - \frac{v_0^2}{2g}. *)$$

Man wird aber, wenn man die Weite der Brücke bestimmt, zu beobachten haben, daß wegen der stattfindenden Contraction nicht die ganze Lichtweite, sondern dieselbe mit einem Ausflußcoefficienten μ multiplicirt in Rechnung zu bringen ist. Ohne Zweifel wird dieser Coefficient um so kleiner, je größer die Weite der Oeffnung ist und wird bei vorne und hinten abgerundeter Form der Pfeiler bei größeren Oeffnungen sehr nahe = 1 gesetzt werden können.

Bis auf genauere Angaben wird man sich begnügen können, denselben mit Navier anzunehmen zu:

$$\mu = 0{,}95,$$

wenn die Vorköpfe der Pfeiler halbkreisförmig oder spitzwinklig sind;

$$\mu = 0{,}90,$$

wenn die Vorköpfe stumpfwinklig;

$$\mu = 0{,}85,$$

wenn die Pfeiler dem Strome eine gerade Fläche entgegenstellen, und

$$\mu = 0{,}7$$

für Pfeiler, die nahe aneinander stehen und dem Wasserstoße eine gerade Fläche bieten**).

In den meisten Fällen wird man mit $\mu = 0{,}9$ ausreichen.

Sind a und a_0 die Querschnitte der betreffenden Profile und ist μ der Ausflußcoefficient zwischen den Brückenpfeilern, so kann man, wenn noch Q die Wassermenge bedeutet, weil

$$v = \frac{Q}{\mu a}; \quad v_0 = \frac{Q}{a_0},$$

also schreiben:

$$x = \frac{Q^2}{2g}\left(\frac{1}{\mu^2 a^2} - \frac{1}{a_0^2}\right).$$

Da a_0 mit durch x bestimmt wird, so kann man durch mehrmalige Rechnungen x beliebig genau bestimmen, indem man es anfänglich bei der Bestimmung von a_0 vernachlässigt und das ungestaute ganze Profil mit dem durch die Pfeiler verengten vergleicht, und dann das berechnete x bei wiederholter Rechnung in dem Werthe von a_0 berücksichtigt.

In einem solchen Falle wird also die Bestimmung der Weite der Brücke am einfachsten, da sie eine Lichtweite bekommen muß, welche möglichst gleich der zwischen den Ufern ist, also je weniger Pfeiler man macht, um so geringer wird der Stau sein.*) Ueber die Höhenlage des Kämpfers oder der Unterkante der Brücke ist schon das Erforderliche bemerkt.

Ueberschreitet dagegen die Brücke ein breites Thal, in welchem der Fluß, wenn er über seine Ufer tritt, ein normal gegen den Strom gemessen, sehr breites, aber niedriges Ueberschwemmungsprofil bildet, wie dies meistens der Fall ist, so würde eine Brücke von einer Länge gleich der Breite dieses Profils (d. h. nur dasjenige Profil gerechnet, worin überhaupt noch das Wasser fließt und sich nicht blos ausspiegelt) zu große Kosten verursachen. Man wird dann also eine erheblich kürzere Brücke anlegen und an diese die Erddämme der Bahn oder der Chaussee anschließen lassen. Um keinen unzulässigen Stau herbeizuführen, wird man dann, wie bereits im Eingange bemerkt, das Profil unter der Brücke durch Abgrabung erweitern und diese Abgrabung auf eine gewisse Länge (z. B. bis zu 10 Ruthen oberhalb und unterhalb) sich erstrecken und allmälig der Breite und Tiefe nach sich verlaufen lassen. Indessen darf man mit der Abgrabung nicht zu tief gehen, da bei mittlerem oder gewöhnlichem Wasserstande das so verbreiterte Profil eine Neigung zum Verflachen oder Verschlammen zeigen könnte, weil die Geschwindigkeit dann geringer ist als früher, und der etwa stattfindenden Schifffahrt könnten Nachtheile erwachsen. In der Regel wird man mit der Abgrabung 1 bis 2 Fuß über dem Sommerwasserstande bleiben.

Im Uebrigen können aber auch Fälle vorkommen, wo es billiger ist, ein solches Thal in der Breite ganz zu überbrücken, als von beiden Seiten her bis an die kürzere Brücke einen Damm durch das Thal zu schütten. Hierüber müssen vergleichende Kostenberechnungen entscheiden. Dieser Fall wird z. B. dann vorkommen können, wenn die Fundirungen nicht schwierig, das Material zur Erbauung der Brücke billig, dagegen die Beschaffung des erforderlichen Schüttungsmaterials zum anschließenden Damme kostspielig ist.

14) Wirkung der Abgrabungen.

Die vollständige Wirkung der Abgrabungen wird aber nur dann zu erwarten sein, wenn sie sich oberhalb und unterhalb der Brücke genügend weit erstrecken und eine Fluth oder Abflußmulde mit ganz flachen An- und Ausläufen, sowohl der Höhe wie der Breite nach bilden, was sich in

---

*) Rühlmann's „Hydromechanik," S. 362.

**) Vergl. Rühlmann, „Hydromechanik", S. 361. — Schubert, „Theorie der Construction steinerner Bogenbrücken", 1847, S. 373. — Eytelwein's „Mechanik", 3. Aufl., S. 101.

*) Vergl. auch Schubert a. a. O., S. 358.

vielen Fällen auch erreichen läßt, indem die abzugrabende **Erde zur Aufführung** des Straßen- oder Bahndammes **meistens mit wird** benutzt werden können. Es entsteht aber **andererseits durch** Aufschlickung und Auflandung in der **Regel eine erhebliche** Aufhöhung der abgegrabenen Betten **(besonders an** der converen Seite, wenn die Brücke in einer **Krümmung liegt)**; wenn etwa in mehreren Jahren bedeu**tende Hochwasser, welche** die abgelagerten Stoffe wegführen, **nicht vorkommen,** und wenn solche Anlandungen sich erst **festgelagert haben** und bewachsen sind, so können sie bei **später eintretendem Hochwasser** der Strömung einen erheb**lichen Widerstand** leisten, nachtheiligen Aufstau bewirken **und zu partiellen Auskolkungen** Veranlassung geben, welche **dann nicht nur** Abtreibungen und Uebersandungen der **Grundstücke, sondern** manchmal auch Gefahr für die Brücke **selbst durch** Unterspülung herbeiführen können. **Es** läßt sich **deshalb gewöhnlich** nicht vermeiden, von Zeit zu Zeit Auf**räumungen** unter den mit erheblichen Abgrabungen ange**legten Brücken vorzunehmen.** Man kann daher auch anfangs **mit den Ausgrabungen** etwas tiefer gehen als nöthig ist, **oder man kann** zur Feststellung der Sohlenhöhe der Ab**grabung** und einer Norm für die Aufräumungen, diese **Abgrabungen zweckmäßig** mit Steinpflaster versehen.

15) Rücksichten wegen der Beschaffenheit der Sohle des Wasserlaufes.

Die größte zulässige mittlere Geschwindigkeit in der **tiefsten Perpendiculären** wird nun bedingt durch die zulässige **Geschwindigkeit** am Boden des Flusses, welche nicht so groß **sein darf,** um das Flußmaterial zu bewegen und daher **Vertiefungen** oder Auskolkungen zu veranlassen, die den **Pfeilern vielleicht** gefährlich werden könnten, und welche **Vertiefungen** so lange dauern können, bis durch sie eine **solche Vergrößerung** des Querprofils erfolgt ist, daß die **Geschwindigkeit** genügend herabgezogen wäre. Die Ge**schwindigkeiten,** welche von Dubuat für verschiedenes **Material der Flußsohle** angegeben sind, scheinen sehr klein **zu sein und etwas** größere würden die dort angegebenen **Materialien wohl noch nicht fortbewegen.***)

Am sichersten geht man jedenfalls, wenn man diejenige **mittlere Geschwindigkeit** unter der Brücke zu Grunde legt, **welche man an** anderen Stellen in einem Normalprofil **bei Hochwasser beobachtet** hat, wo die Beschaffenheit **des Bodens** dieselbe ist, wie unter der Brücke; läßt man aber, um die Weite der Brücke möglichst einzuschränken, eine größere Geschwindigkeit zu, so muß man zwischen den Brückenöffnungen und am besten eine kleine Strecke oberhalb und unterhalb der Brücke pflastern und zwar mit um so größeren Steinen, je größer die Geschwindigkeit ist, und den Anfang und das Ende des Pflasters durch genügend tief gehende Herdmauern vor Unterspülung sichern.*)

*) Vergl. ausführlicher: Schubert's „Theorie rc. steinerner Bogenbrücken, S. 366, über Transport von Gestein durch den Lauf des Wassers". — Sganzin, „Grundsätze der Straßen-, Brücken-, Canal- und Wasserbaukunde", übers. von Lehritter und Strauß, 1832, II. Theil, S. 21. — Hagen's „Wasserbau, II. Theil. Regulirung der Ströme."

Zu ähnlichen Zwecken umgiebt man bekanntlich auch die Pfeiler rund herum mit einem Steinwurf, welcher übrigens nicht wie Einige angeben, an dem Pfeilerkopf unterhalb am sichersten gemacht sein, sondern am Pfeilerkopf oberhalb eben so tief reichen muß.**)

16) Zusammenhang unter den verschiedenen Geschwindigkeiten in einem Querprofile.

Kann man die Geschwindigkeit an der Sohle nicht durch Versuche ermitteln, so muß man solche nach den darüber vorhandenen Formeln schätzen. Ist v die mittlere Geschwindigkeit eines Querprofils, so ist nach Lahmeyer***) die größte Geschwindigkeit in dem Querprofil $V = \frac{v}{0{,}75}$, und nach den unten angeführten Annahmen von Weisbach†) $V = \frac{v}{0{,}837}$, und wird diese größte Geschwindigkeit im Stromstrich, wo die größte Tiefe im Querprofil vorhanden ist stattfinden, oder bei gleicher Tiefe eines Profils in der halben Breite desselben.

17) Größte, mittlere und kleinste Geschwindigkeit in einer Perpendiculären rc.

Was das Verhältniß der größten und mittleren Geschwindigkeit in einer Perpendiculären und Geschwindigkeit an der Sohle anbetrifft, so nehmen die verschiedenen Formeln, welche hierüber aufgestellt sind, meistens an, daß die größte Geschwindigkeit an der Oberfläche stattfinde, und daß die Abnahme von der Oberfläche bis zur Sohle hin nach irgend einem Gesetze erfolge, obgleich die erstere Voraussetzung, wie bei Gelegenheit der Versuche auf dem Mississippi erwähnt, ungenau, und die Tiefe unter der Oberfläche, wo die größte Geschwindigkeit stattfindet, veränderlich ist. Diese Formeln finden sich in den meisten Lehrbüchern der Hydraulik angeführt††) und eine Kritik derselben findet sich in Hagen's Wasserbau.†††)

*) Vergl. z. B.: „Die Brücke über die Oker." Zeitschrift des hannov. Architekten- u. Ingenieur-Vereins, 1866.

**) Vergl.: „Zeitschrift des hannov. Architekten- u. Ingenieur-Vereins, Jahrgang 1858, Band IV, S. 367", wonach Brücken durch Unterspülung des Pfeilerkopfes an der Seite oberhalb, bei Hochwasser eingestürzt sind.

***) Rühlmann, „Hydromechanik," S. 291.

†) Weisbach, „Ing.-Mechanik" I., 3. Aufl., S. 827.

††) Vergl. Rühlmann, „Hydromechanik", S. 290; ferner Weisbach, „Ing.-Mech." I., 3. Aufl., „Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen", S. 827.

†††) Zweiter Theil: „Bewegung des Wassers in Strömen; mittlere Geschwindigkeit."

Eine einfache Annahme macht Eytelwein*), nach welcher die Geschwindigkeitsscala eine gerade Linie ist und sich die größte Geschwindigkeit C_0, welche in der Oberfläche angenommen wird, auf jeden Fuß rheinländisch — wofür man genau genug jedes Fußmaaß wird annehmen können — Tiefe, um 0,008 C_0 vermindern soll. Ist also t die Tiefe in einer Perpendiculären, so ist die mittlere Geschwindigkeit:

$$C_m = C_0 - 0{,}008\, C_0 \frac{t}{2} = C_0 - 0{,}004\, C_0 t,$$

und die an der Sohle ist:

$$C_u = C_0 - 0{,}008\, C_0 t.$$

Will man von der zulässigen Geschwindigkeit an der Sohle ausgehen, so findet man die mittlere aus der Gleichung:

$$C_m = C_u \left(\frac{1 - 0{,}004\,t}{1 - 0{,}008\,t}\right),$$

für hannoversches Maaß werden die Coefficienten:

$$0{,}008 = 0{,}00744$$
$$\text{und } 0{,}004 = 0{,}00372.$$

Hätte man nun nach dem Obigen die mittlere Geschwindigkeit in jeder Perpendiculären aus der an der Oberfläche gemessenen gefunden, so kann man, wie früher angegeben, die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Querprofils finden, indem man die mittlere in jeder Perpendiculären mit der zugehörigen Breite und Tiefe multiplicirt, die Summe der Producte bildet und durch die Querschnittsfläche des gesammten Profils dividirt.

Nach den Versuchen von Ximenes, Brünings und Funk soll sich ergeben haben**), daß die mittlere Geschwindigkeit in einem Perpendikel:

$$C_m = 0{,}915\, C_0 \text{ ist. (Fig. 14.)}$$

Es nimmt also die Geschwindigkeit von oben bis zur Mitte um

$$C_0 - C_m = (1 - 0{,}915)\, C_0 = 0{,}085\, C_0$$

ab und es ist daher nach der graphischen Darstellung die Geschwindigkeit unten an der Sohle

$$C_u = C_0 - 2 \,.\, 0{,}085\, C_0 = (1 - 0{,}170)\, C_0 = 0{,}83\, C_0.$$

Ist nun die ganze Tiefe = t, so hat man bei Annahme einer der geraden Linie entsprechenden Geschwindigkeitsscala nach der Figur die Geschwindigkeit v in der Tiefe x unter Wasser:

$$v = C_0 - (C_0 - C_u)\frac{x}{t} = \left(1 - 0{,}17\,\frac{x}{t}\right) C_0.$$

Sind nun noch C_0, C_1, C_2 .... die Oberflächengeschwindigkeiten in gleichen Abständen eines Querprofils von nicht sehr veränderlicher Tiefe, so hat man die entsprechenden Geschwindigkeiten in der mittleren Tiefe, wo $x = \frac{t}{2}$:

$$0{,}915\, C_0,\quad 0{,}915\, C_1,\quad 0{,}915\, C_2 \ldots.$$

und daher die mittlere Geschwindigkeit im ganzen Querprofile:

$$C = 0{,}915 \left(\frac{C_0 + C_1 + C_2 + \ldots.\, C_n}{n}\right).$$

Hat man blos die größte Oberflächengeschwindigkeit C_s im Stromstrich ermittelt, wie es oft zu ungefähren Messungen in oberflächlicher Weise nur geschieht und nimmt, wenn ein regelmäßiges Profil vorhanden, endlich an, daß die Geschwindigkeit vom Stromstriche aus nach den Ufern zu in demselben Verhältnisse abnehme, wie nach der Tiefe, so kann man wieder die mittlere Oberflächengeschwindigkeit:

$$\frac{C_0 + C_1 + \ldots.\, C_n}{n} = 0{,}915\, C_s$$

setzen und erhält dann die mittlere Geschwindigkeit im ganzen Querprofil:

$$C = 0{,}915 \,.\, 0{,}915\, C_s = 0{,}837\, C_s,$$

also 83 bis 84 Procent der Maximal- oder Stromstrichgeschwindigkeit an der Oberfläche. Eine allerdings sehr rohe und gewagte Schätzung, die nur zur allerersten Beurtheilung würde dienen können.

d. Inundationsbrücken.

In engen Thälern, in Defiléen 2c. wird man einen Straßendamm oder eine Bahn nicht gern in dem Thale selbst dem Flusse parallel führen, um dasselbe nicht noch mehr einzuengen, sondern wird gern die anliegenden Höhen benutzen; auch deshalb, weil es erwünscht ist, die Straße den Angriffen des Hochwassers nicht auszusetzen, weil dadurch künstliche Befestigungen der Böschungen erforderlich werden könnten. In weiteren Thälern, deren Ufer bei Hochwasser auf größere Breite überströmt werden, kommt es dagegen nicht selten vor, daß durch eine das Thal verfolgende Straßen- oder Bahnanlage ein Theil des Ueberschwemmungsgebietes eines Flusses abgeschnitten wird, so daß dann eine Brücke nicht blos das von den anliegenden Höhen und etwa einmündenden Nebengewässern in diesen abgeschnittenen Theil gelangende Wasser abführen, sondern auch umgekehrt den Zu- und Abfluß des Ueberschwemmungswassers, welches zur Befruchtung dient, vermitteln muß. Dies ist bei der Bestimmung der Weite zu berücksichtigen, wobei also mit Beachtung der Zeitdauer des Steigens und Fallens des Hochwassers eine genügende Bewässerung der abgeschnittenen Fläche stattfinden muß. Es wird sich dann bei eintretendem Hochwasser vor der Brücke ein mit dem Steigen und Fallen des Hochwassers veränderlicher Stau oder eine Druckhöhe herstellen, welche das Einfließen

*) Eytelwein's „Mechanik" von Forster, 1842, S. 152.

**) Weisbach, „Ing.-Mech." I., 3. Aufl., S. 827.

bewirkt. Man pflegt auch häufig, weil das Thal im abgeschnittenen Stücke Gefälle hat, zwei Brücken, eine am obern und eine am untern Theile des abgeschnittenen Stückes zu erbauen, so daß das Einfließen vorzugsweise durch die oberhalb, das Abfließen durch die unterhalb gelegene stattfinden könne.

D. Kurze Zusammenstellung der Vorarbeiten zur Bestimmung der Brückenweite.

Nach dem Vorhergehenden sind die erforderlichen Vorarbeiten, welche man wenigstens anstellen muß, folgende:

I. Ermittelung des Wasserquantums:

a. Aufnahme von Querprofilen,

b. Ermittelung des Gefälles bei verschiedenen Wasserständen,

c. Geschwindigkeitsmessungen.

II. Aufnahme des Flusses innerhalb der für jeden Fall zu bezeichnenden Grenze, welche Karte zugleich als Expropriations-Karte dienen kann. Sie muß außerdem enthalten:

a. den Wasserlauf bei gewöhnlichem Wasser,

b. die Stromrinne oder Richtung des Stromstrichs,

c. die Inundationsgrenze beim höchsten Wasserstande,

d. die Richtung der Straße oder Eisenbahn,

e. die aufwärts gelegenen Wohnhäuser und Gebäude, die durch Stau etwa inundirt werden könnten ꝛc.

III. Anfertigung eines Längendurchschnitts in der Axe des Weges oder der Bahn, worin der höchste Wasserstand angegeben.

IV. Nivellement und Anfertigung des Längendurchschnitts des Straßendammes, welcher etwa zunächst oberhalb der anzulegenden Brücke das Flußthal durchschneidet, worin angegeben: die Dammhöhe, der höchste Wasserstand, die Brückenöffnungen, die Höhe des benachbarten Terrains, und das Hochwasser Gefälle auf einer angemessenen Länge oberhalb und unterhalb dieser vorhandenen Brücken. Angaben über die Art und die Tiefe der Fundirung, Beschaffenheit der Sohle dieser Brücken, Stau, größte Geschwindigkeit ꝛc. sind ebenfalls der Vergleichung halber erwünscht.

E. Beispiel der Berechnung des Durchflußprofils einer Brücke.

1. Mittelwerthe aus mehreren Profilen.

Von einem Flusse, dessen Querprofil im Allgemeinen die Form von Fig. 15, Taf. 25 punktirt hat, sind folgende Daten, bezüglich der Profile I., II. und III. und zwar beim höchsten vorkommenden Wasserstande, ermittelt; das Profil II. liegt in der Nähe des Brückenüberganges, und die Profile haben gleiche Entfernungen von einander.

	Rechtes Ufer. Qu.-Fuß.	Schlauch. Qu.-Fuß.	Linkes Ufer. Qu.-Fuß.	
Querschnitt	1832,2	2222,3	253,5	Profil I.
Benetzter Umfang	604,3	153,2	77,5	
Mittlere Tiefe	3,03	17,76	3,26	
Querschnitt	1395,9	2348,5	345,1	Profil II.
Benetzter Umfang	492,2	155,8	129,0	
Mittlere Tiefe	2,86	21,09	2,70	
Querschnitt	902,7	2388,1	380,7	Profil III.
Benetzter Umfang	355,5	155,0	136,0	
Mittlere Tiefe	2,50	22,43	2,80	

Die einnivellirte Höhendifferenz zwischen dem ersten und letzten Profil beträgt 8,3 Fuß, und die Entfernung, welche ein Schwimmer in dem etwas gewundenen Stromstrich zwischen I. und III. durchmißt, ist zu 11200 Fuß ermittelt. Mithin ist das Gefälle im Stromstriche = 0,000741.

Die Entfernung, welche ein auf den überschwemmten Uferstrecken der Strömung folgender Schwimmer durchläuft, ist zu 10160 Fuß ermittelt, mithin beträgt hier das Gefälle, welches in Rechnung zu bringen:

$$\frac{8{,}3}{10160} = 0{,}000816929, \text{ setze } 0{,}00082.$$

Vermittelt man diese Werthe, so ist der mittlere Querschnitt des eigentlichen Schlauches:

$$a = \frac{2222{,}3 + 2348{,}5 + 2388{,}1}{3} = 2319{,}63 \text{ Qu.-Fuß},$$

und der mittlere benetzte Perimeter:

$$p = \frac{153{,}2 + 155{,}8 + 155{,}0}{3} = 154{,}66,$$

also der Mittelwerth von

$$\frac{a}{p} = \frac{2319{,}63}{154{,}66} = 15{,}00$$

und die mittlere Tiefe

$$= \frac{17{,}76 + 21{,}09 + 22{,}43}{3} = 20{,}4,$$

dafür 20½ Fuß gesetzt.

Hiernach hat ein mittleres Profil etwa die Form von Fig. 15, denn es ist darin

$$2{,}86 \,.\, 144{,}2 + 17{,}64 \left(\frac{144{,}2 + 72{,}1}{2}\right) = 2317{,}51,$$

also nahe 2319,63, wobei in der Figur rund 144′ gesetzt sind für die obere Breite.

Das Mittel vom Querschnitt des Thales rechts ist:

$$\frac{1832{,}2 + 1395{,}9 + 902{,}7}{3} = 1343{,}60 \text{ Qu.-Fuß},$$

und die mittlere Tiefe ist:

$$\frac{3{,}03 + 2{,}86 + 250}{3} = 2{,}80,$$

die mittlere Breite ist daher

$$\frac{1343{,}60}{2{,}80} = 480 \text{ Fuß},$$

der Perimeter:

$$= \frac{604{,}8 + 492{,}2 + 355{,}5}{3} = 483{,}96, \text{ setze } 484.$$

Das Mittel vom Querschnitt des Thales links ist:

$$\frac{253{,}5 + 345{,}1 + 380{,}7}{3} = 326{,}43 \text{ Qu.-Fuß},$$

und die mittlere Tiefe:

$$\frac{3{,}26 + 2{,}70 + 2{,}80}{3} = 2{,}92;$$

daher die mittlere Breite:

$$= \frac{326{,}43}{2{,}92} = \text{rund } 112 \text{ Fuß},$$

der Perimeter:

$$= \frac{77{,}5 + 129{,}0 + 136}{3} = 114{,}6, \text{ setze } 115.$$

2) Geschwindigkeit und Wassermenge im Stromschlauch.

Benutzt man die Bazin'sche Formel und nimmt dabei an, daß, weil das Ufer des Schlauches bewachsen ist, während die Sohle glatt ist, die Geschwindigkeit nur 0,8 der für Canäle mit Erdwänden beobachteten betragen mag, und daß sie auf den mit Gras theils bewachsenen überströmten Flächen des Thals bis zu 0,75 der für Erdwände herabsinken kann, so hat man für die mittlere Geschwindigkeit des Profils, welches den eigentlichen Stromschlauch bildet, für hannoversches Maaß:

$$U = 0{,}8 \sqrt{\frac{\frac{a}{p} \,.\, \frac{h}{l}}{0{,}000082\left(1 + \frac{4{,}275}{15}\right)}},$$

$$U = 0{,}8 \sqrt{\frac{\frac{2319{,}63}{154{,}66} \,.\, 0{,}000741}{0{,}000082 \,.\, 1{,}285}},$$

U_s*) $= 0{,}8 \,.\, 97{,}42 \,.\, 0{,}10542 = 0{,}8 \,.\, 10{,}27 = 8{,}216$ Fuß und die Wassermenge, welche durch den eigentlichen Schlauch fließt:

$$U \,.\, a = 8{,}216 \,.\, 2319{,}63 = 19058 \text{ Cubikfuß}.$$

3) Desgleichen in dem überschwemmten Thale.

Ebenso hat man im Thale rechts:

$$U_r = 0{,}75 \sqrt{\frac{\frac{1343{,}6}{484} \,.\, 0{,}00082}{0{,}000082\left(1 + \frac{4{,}275}{2{,}80}\right)}},$$

$$U_r = 0{,}75 \,.\, 68{,}8 \,.\, 0{,}0477 = 2{,}46 \text{ Fuß},$$

und die Wassermenge:

$$U_r \, a_r = 2{,}46 \,.\, 1343{,}6 = 3305{,}26 \text{ Cubikfuß}.$$

Endlich hat man für das Thal links:

$$U_l = 0{,}75 \sqrt{\frac{\frac{326{,}43}{115} \,.\, 0{,}00082}{0{,}000082\left(1 + \frac{4{,}275}{2{,}92}\right)}},$$

$$U_l = 0{,}75 \,.\, 70{,}35 \,.\, 0{,}04824 = 2{,}545 \text{ Fuß},$$

und die Wassermenge:

$$U_l \, a_l = 2{,}545 \,.\, 326{,}43 = 830{,}76 \text{ Cubikfuß}.$$

Mithin ist die gesammte Wassermenge bei höchstem Wasserstande:

$$= 19058 + 3305 + 831 = 23194 \text{ Cubikfuß}.$$

Das Niederschlagsgebiet dieses Wassers bis zur Brückenbaustelle beträgt etwa 56 Quadratmeilen, mithin kommen auf die Quadratmeile $\frac{23194}{56}$ = rund 414 Cubikfuß.

4) Ermittelung des Profils der Abgrabungen.

Der Sommer-Wasserstand ist 10 Fuß unter dem höchsten und man kann das Vorland auf durchschnittlich 6 Fuß Tiefe unter dem höchsten Wasserstande abgraben und eine entsprechende Einschränkung des Thals vornehmen.

Die Länge dieser Abgrabung wird mit je 40 bis 50 Ruthen oberhalb und unterhalb der Brücke, allmälig sowohl der Tiefe wie der Breite nach in dem Terrain sich verlaufend, genügen.

*) Der Eytelwein'sche Coefficient ist hier also:
0,8 . 97,42 = 77,936.

Um die Geschwindigkeit in dem durch Abgrabung hergestellten Profile zu finden, hat man nach der Bazin'schen Formel, wenn man, um nicht zu wenig zu rechnen, den Coefficienten 0,75 beibehält:

$$U_a = 0{,}75 \sqrt{\frac{\frac{a\,h}{p\,l}}{0{,}000082\left(1+\frac{4{,}275}{6}\right)}},$$

worin genau genug statt des Quotienten aus Querschnitt und Perimeter die mittlere Tiefe = 6 Fuß gesetzt ist. Es ist aber auch, wenn Q_a die Wassermenge, welche durch die Abgrabungen fließt, bezeichnet und F den Gesammtquerschnitt derselben, $U_a = \frac{Q}{F}$, und nennt man b die Gesammtbreite der Abgrabung, so ist auch $F = 6\,b = a$ der obigen Formel.

Man hat also:

$$\frac{Q}{6\,b} = 0{,}75 \sqrt{\frac{\frac{6\,b}{b}\,.\,0{,}00082}{0{,}000082\,(1{,}7125)}},$$

und hieraus: $\frac{Q^2}{36\,b^2} = \frac{0{,}5625\,.\,60}{1{,}7125}$,

$$Q^2 = 709{,}488\;b^2,$$

also $b = \sqrt{\frac{Q^2}{709{,}488}} = \sqrt{\frac{4136^2}{709{,}488}} = \sqrt{24111{,}04} =$
$= 155{,}27$ Fuß.

Diese Breite von rund 156 Fuß kann man nun, je nachdem die Situation des Wasserlaufes es gestattet, und je nachdem man die Pfeiler der Brücke stellen will, durch Abgrabung von einem und dem anderen Ufer, oder auch durch Abgrabung von nur einem Ufer, der Breite des Schlauches von 144 Fuß hinzufügen, so daß die gesammte Lichtweite der Brücke $144 + 156 = 300$ Fuß sein würde.

Nehmen wir an, daß man 5 Oeffnungen wählte, und daß die Mittelöffnung im Stromstrich zu liegen käme, so würde also die Anordnung der Pfeiler die im Profil Figur 15 angegebene sein können, wo jede Oeffnung $\frac{300 - 4.6}{5} = 55{,}2$ Fuß im Lichten erhielte.

5) Ungefähre Ermittelung der Stauhöhe.

Man kann nun, je nachdem man einen größeren oder gar keinen Stau zulassen will, diese gewählte Eintheilung belassen oder zu diesen 300 Fuß die Dicke der 4 Pfeiler, jeden zu 6 Fuß beispielsweise gerechnet, hinzufügen und vorher noch der durch Contraction verringerten Durchflußmenge, oder was dasselbe ist, der durch erstere herbeigeführt gedachten Verkleinerung des Durchflußprofils Rechnung tragen. Behält man die oben angeführten Weiten bei, so kann die Stauhöhe annähernd, wie folgt, ermittelt werden:

Der Querschnitt vor der Brücke beträgt im Ganzen

2319,63	im Schlauch und 6 . 156 =
936	in den Abgrabungen,
3255,63	Quadratfuß, rund 3256 Quadratfuß,

und die Wassermenge war zu 23194 Cubikfuß ermittelt. Mithin ist die mittlere Geschwindigkeit im ganzen Profil

$$\frac{23194}{3256} = 7{,}123 \text{ Fuß.}$$

Nach Abzug der Pfeiler bleibt sehr nahe ein Profil von

$$3256 - (2.20{,}5 + 2.6)\,6 = 2938 \text{ Quadratfuß,}$$

und rechnet man den Ausflußcoefficienten zu etwa 0,9 *), so bleiben $0{,}9\,.\,2938 = 2644{,}2$ Quadratfuß als effectiv zu rechnendes Durchflußprofil.

Die mittlere Geschwindigkeit unter der Brücke ist also annähernd $\frac{3256}{2644{,}2}\,.\,7{,}123 = 8{,}771$ Fuß; mithin ist die Stauhöhe, wenn man diese mittleren Geschwindigkeiten zu Grunde legt:

$$= \frac{v_1^2 - v^2}{2\,g} = \frac{(8{,}771)^2 - (7{,}123)^2}{2\,.\,33{,}6} = \frac{26{,}1933}{67{,}2}$$
$$= 0{,}39 \text{ Fuß} = 4{,}68 \text{ Zoll.}$$

Berücksichtigt man nur die Geschwindigkeit im Schlauch, indem man diesen für sich betrachtet, so war die mittlere früher gefunden zu 8,216 Fuß bei 2319,63 oder rund 2320 Quadratfuß Querprofil.

Nach Abzug der beiden Pfeiler bleiben:

$$2320 - 2\,(6\,.\,20{,}5) = 2074 \text{ Quadratfuß,}$$

und mit Berücksichtigung des Ausflußcoefficienten:

$$0{,}9\,.\,2074 = 1866{,}6.$$

Mithin wäre danach die größte mittlere Geschwindigkeit unter der Brücke:

$$\frac{2320}{1866{,}6}\,.\,8{,}216 = 10{,}212 \text{ Fuß}$$

und die Stauhöhe in der Mittelöffnung wäre etwa:

$$h = \frac{(10{,}212)^2 - (8{,}216)^2}{2\,.\,33{,}6} = \frac{36{,}7823}{67{,}2} = 0{,}5473 \text{ Fuß,}$$

so daß also der Wasserspiegel vor der Brücke oberhalb eine etwas convexe Oberfläche der Quere nach annehmen wird, deren Form genau zu bestimmen schwierig sein dürfte. Berücksichtigt man diese gefundenen Stauhöhen zur Berechnung des Querprofils oberhalb der Brücke, so kann man durch Wiederholung der Rechnung einen genaueren Werth für die Stauhöhe finden, was hier unterlassen werden möge.

Ist die mittlere Geschwindigkeit im Flußschlauch oberhalb der Brücke 8,216 Fuß, so ist nach der früher ange-

*) Während er vermuthlich größer und bei geeigneter Pfeilerform nahe = 1 ist.

führten Weisbach'schen Ermittelung die größte Geschwindigkeit im Querprofile, oder die Stromstrichsgeschwindigkeit

$$\text{auf } \frac{8{,}216}{0{,}837} = 9{,}82 \text{ Fuß}$$

zu schätzen, und die Geschwindigkeit unten an der Sohle in diesem Perpendikel:

$$(1 - 0{,}170)\, 9{,}82 = 0{,}83 \,.\, 9{,}82 = 8{,}1506 \text{ Fuß.}$$

Nach der Lahmeyer'schen Formel:

$$C_u = (0{,}8617 - 0{,}0137\, t)\, C_0$$

würde sie nur sein:

$$C_u = (0{,}8617 - 0{,}0137 \,.\, 20{,}5)\, 9{,}82 = 0{,}6809 \,.\, 9{,}82 = \\ = 6{,}6864 \text{ Fuß,}$$

und nach der Eytelwein'schen:

$$C_u = C_0\,(1 - 0{,}008 \,.\, t) = 9{,}82\,(1 - 0{,}008 \,.\, 20{,}5),$$

für hannoversches Maaß:

$$C_u = C_0\,(1 - 0{,}0075 \,.\, t), \text{ also } = 9{,}82 \,.\, 0{,}846 = 8{,}308.$$

Nimmt man das Mittel aus diesen 3 Werthen, so würde sie zu 7,68 Fuß zu schätzen sein, und rechnet man die Vermehrung derselben durch die Stauhöhe von 0,5473 Fuß, so würde die größte Geschwindigkeit an der Sohle etwa sein können:

$$C_u = \sqrt{2gh + C_u^2} = \sqrt{2 \,.\, 33{,}6 \,.\, 0{,}5473 + (7{,}68)^2} \\ = \sqrt{36{,}7823 + 59{,}5212} = \sqrt{95{,}7647} = 9{,}81.$$

Ob nun diese Geschwindigkeit an der Sohle mit Rücksicht auf die Beschaffenheit derselben zulässig, muß durch Erfahrung bekannt sein; am sichersten urtheilt man, wenn etwa in der Nähe der Brückenbaustelle Profile vorhanden sind, in denen diese Geschwindigkeit ohne die Sohle zu verändern, stattgefunden hatte.

6. Vergrößerung der Weite, wenn kein Stau über dem **ursprünglichen** Wasserspiegel stattfinden soll.

Glaubt man aber, diese Geschwindigkeit, welche die vor Anlage der Brücke am Boden stattfindende um 9,81 — 7,68 = 2,13 Fuß übertrifft, nicht zulässig halten zu können, so wird man die Stauhöhe herabziehen müssen, also das Durchflußprofil vergrößern, und diese Vergrößerung kann sich, wenn gar kein Stau über dem ursprünglichen Wasserspiegel, oder gar keine Vermehrung der Geschwindigkeit an der Sohle zulässig ist, bis dahin erstrecken, daß man das lichte Durchflußprofil mit Berücksichtigung der Contraction gleich dem des Wasserlaufes selbst macht.

Man würde daher, wenn die beiden Mittelpfeiler im Schlauche stehen bleiben, mit Berücksichtigung des Ausflußcoefficienten den Querschnitt des Schlauches auf

$$\frac{2320}{0{,}9} + 2 \,.\, 6 \,.\, 20{,}5 = 2823{,}77 \text{ Fuß vergrößern müssen.}$$

Ebenso würde man den Querschnitt der Abgrabung auf

$$\frac{936}{0{,}9} + 2 \,.\, (6 \,.\, 6) = 1112 \text{ Quadratfuß}$$

vergrößern müssen.

Der Querschnitt des Profils selbst betrüge dann also:

$$\begin{array}{r} 2823{,}77 \\ 1112{,}00 \\ \hline 3935{,}77 \end{array} \text{ Quadratfuß,}$$

statt früher 3256 Quadratfuß. Das so gewählte Profil würde das größte sein, das man zu wählen braucht, weil mit Berücksichtigung des Ausflußcoefficienten und der Pfeiler ein dem ursprünglichen Profil gleichwerthes übrig bleibt.

Die mittlere Geschwindigkeit im Schlauch ist dann oberhalb der Brücke nahe vor derselben

$$8{,}216 \,.\, \frac{2320}{2824} = 6{,}75 \text{ Fuß,}$$

und unter der Brücke im Schlauch nach der Voraussetzung 8,216 Fuß. Die Differenz der Höhe vor und nach der Brücke ist dann:

$$h = \frac{(8{,}216)^2 - (6{,}75)^2}{2 \,.\, 33{,}6} = \frac{21{,}9401}{67{,}2} = 0{,}326 \text{ Fuß,}$$

indessen findet diese Erhöhung nicht über den Wasserspiegel des Flusses im ungeänderten Zustande statt, sondern über den gesenkten Wasserspiegel, welcher (die Brücke weggedacht) entstanden wäre, wenn man das Profil so vergrößert hätte, daß sich die mittlere Geschwindigkeit im Schlauche auf 6,75 Fuß verkleinerte, wodurch eine Verringerung des Gefälles und zugleich eine Senkung des Hochwasserspiegels entstand, welche in einfacher Weise a priori nicht zu berechnen, aber der Stauhöhe vor der Brücke nahezu gleich sein kann, so daß eine Erhöhung des Wasserspiegels über den ursprünglichen kaum eingetreten sein wird, wogegen der Wasserspiegel unterhalb der Brücke gegen den früheren sich etwas gesenkt haben wird.

Die größte Geschwindigkeit an der Sohle im Schlauche unter der Brücke bestimmt sich nun aus der größten im Schlauche, welche letztere nach Weisbach zu

$$\frac{8{,}216}{0{,}837} = 9{,}82 \text{ Fuß,}$$

wie vorhin angegeben ist, und wird nicht größer als diejenige, welche vor Erbauung der Brücke und vor Veränderung des Profils stattfand, und welche aus der größten Geschwindigkeit von 9,82 zu 7,68 Fuß geschätzt wurde.

Die obere Breite x im Schlauch erhält man, wenn das Verhältniß der Sohlenbreite zur oberen wie 1:2 bleiben soll, nun aus der Beziehung:

$$2{,}86\, x + 17{,}64 \left(\frac{x + \frac{x}{2}}{2} \right) = 2824$$

zu $x = \frac{2824}{16{,}09} = 175{,}51$ Fuß, und in der Abgrabung

$$\text{zu } x_1 . 6 = 1112, \text{ also } x = 185{,}33,$$

im Ganzen also 360,84, wofür man 360 Fuß setzend, bei 5 Oeffnungen die Weite jeder derselben zu $\frac{360}{5} - 24 = 67{,}2$ Fuß im Lichten erhält, also eine Anordnung, wie Fig. 16 zeigt.

7. Verschiedene, mögliche Vertheilung der Gesammtweite auf einzelne Oeffnungen.

Zweckmäßig kann es auch aus Constructionsrücksichten, um die Pfeiler mehr im Trocknen zu erbauen, sein, die mittlere Oeffnung größer zu nehmen, so daß die Pfeiler nicht im Stromschlauche zu stehen kommen.

Dann muß, wenn man die Contraction berücksichtigt, der mittlere Querschnitt etwa

$$\frac{2320}{0{,}9} = 2577{,}7 \text{ Quadratfuß}$$

sein und daher erhält man die obere Breite aus

$$2 . 86 x + \frac{17{,}64\left(x + \frac{x}{2}\right)}{2} = 2578 \text{ zu } x$$
$$= 160{,}22 \text{ Fuß},$$

setze 160, zugleich als Weite der mittleren Oeffnung.

Zu der Breite der Abgrabung kommen dann noch die zwei Mittelpfeilerbreiten mit 12 Fuß, weshalb diese $185{,}33 + 12 = 197{,}33$ Fuß wird, wofür 198 gesetzt, so daß von den 4 Seitenöffnungen jede

$$\frac{198 - 4 . 6}{4} = \frac{174}{4} = 43{,}5 \text{ Fuß}$$

im Lichten erhält, woher also eine Anordnung entsteht, wie in Fig. 17 angegeben.

Will man endlich in einer geraden Strecke, deren einmal unter dem Wasserspiegel feste Ufer man nicht gern berühren will — abgesehen davon, daß eine Verbreiterung im Wasserlaufe selbst unter Wasser umständlich ist — eine Vergrößerung des Schlauches nicht vornehmen, so kann man auch letztere durch eine Vergrößerung der Abgrabung genau genug ersetzen. Es fehlen z. B. im letzteren Falle am Querschnitte des Schlauches

$$2578 - 2320 = 258 \text{ Quadratfuß},$$

welche, weil die mittlere Geschwindigkeit in der Abgrabung kleiner ist als im Schlauche, durch eine größere Anzahl Quadratfuße in der Abgrabung ersetzt werden müssen.

Die mittlere Geschwindigkeit in der Abgrabung ist aber

$$\text{etwa} \quad \frac{4136 \text{ Cubikfuß}}{936 \text{ Quadratfuß}} = 4{,}42 \text{ Fuß},$$

und die im Schlauche

$$8{,}216 \text{ Fuß},$$

also sind in der Abgrabung

$$\frac{8{,}216}{4{,}42} . 258 = 479{,}6 \text{ Quadratfuß}$$

für den Abfluß etwa gleichbedeutend mit 258 Quadratfuß im Schlauche, weshalb bei mittlerer Tiefe von 6 Fuß die Abgrabung noch um $\frac{479{,}6}{6}$ = rund 48 Fuß zu erbreitern ist, wenn die Breite des Schlauches unverändert bleibt.

Dann erhält man die Breite in der Abgrabung zu

$$185{,}33 + 48 + 12 = 245{,}33 \text{ Fuß}$$

= 246 Fuß rund, und kann z. B. eine Anordnung wie Fig. 18 mit 4 Oeffnungen von $55\frac{1}{2}$ Fuß und einer Oeffnung von 144 Fuß anordnen.

Es ist selbstredend, daß man je nach Umständen die Vertheilung der Abgrabung auf dem einen oder andern Ufer vornehmen und die Weite und Anzahl der einzelnen Oeffnungen mit Rücksicht auf die unten angegebenen Verhältnisse wählen, also z. B. eine Anordnung wie in Fig. 19 treffen kann.

Eine Uebersicht der Rechnungen ergiebt, daß solche nur etwas mehr als oberflächliche Schätzungen sind, indessen ist es zweifelhaft, ob man mit genaueren Rechnungen der Wahrheit viel näher kommen würde. Immer wird es vorzuziehen sein, eine Beobachtung der größten, der mittleren und der Geschwindigkeiten an der Sohle, bei Hochwasser vorzunehmen, um danach event. die Coefficienten der zu gebrauchenden Formeln selbstständig für den jedesmal vorliegenden Fall zu bestimmen.

8. Bestimmung des Coefficienten der Bazin'schen Formel aus localen Messungen.

Zur Bestimmung dieser Coefficienten für die Bazin'sche Formel hat man also:

$$\frac{RI}{U^2} = \alpha + \beta . \frac{1}{R},$$

den Werth links kann man durch Beobachtung bestimmen und ebenso R durch Messung. Setzt man daher hierfür

$$y = \alpha + \beta x,$$

so hat man, wenn n Versuche gemacht sind, z. B. nach Weisbach's „Ingenieur", 3. Auflage, S. 77, für den Fall, daß

$$y = \alpha u + \beta x$$

die Werthe von α und β nach der Methode der kleinsten Quadrate:

$$\alpha = \frac{\Sigma(x^2)\,\Sigma(uy) - \Sigma(ux)\,\Sigma(xy)}{\Sigma(u^2)\,\Sigma(x^2) - \Sigma(ux)\,\Sigma(ux)},$$

$$\beta = \frac{\Sigma(u^2)\,\Sigma(xy) - \Sigma(ux)\,\Sigma(uy)}{\Sigma(u^2)\,\Sigma(x^2) - \Sigma(ux)\,\Sigma(ux)},$$

und für den vorliegenden Fall mit Berücksichtigung, daß, weil u hier $= 1$ ist, also $\Sigma(u^2) = n$:

$$1)\ \alpha = \frac{\Sigma(x^2)\,\Sigma(y) - \Sigma(x)\,\Sigma(xy)}{n\,\Sigma(x^2) - \Sigma(x)\,\Sigma(x)}, \qquad 2)\ \beta = \frac{n\,\Sigma(xy) - \Sigma(x)\,\Sigma(y)}{n\,\Sigma(x^2) - \Sigma(x)\,\Sigma(\varepsilon)}.$$

Anwendung einer Schraubenturbine zur Wasserhebung.

Vom

Ingenieur **J. Cordier** in Paris.

(Hierzu Tafel 26.)

Diejenigen Wasserhebungsmaschinen, welche große Wassermengen auf geringe Höhen zu heben bestimmt sind, bestehen meist aus sehr großen und dieserhalb kostspieligen Apparaten, wenn sie einen leidlichen Wirkungsgrad haben. Sobald man einfachere und weniger Raum beanspruchende Maschinen anwenden will, wie Centrifugal- und andere Pumpen, so erhält man nur niedrige Wirkungsgrade, welche selten 50 Procent übersteigen. Die Ursache dieses raschen Abnehmens des Wirkungsgrades rührt hauptsächlich von den großen Geschwindigkeiten her, welche derartige Maschinen besitzen, und welche zu Wirbeln, Stößen und andern hydraulischen Hindernissen Ursache werden.

Ein verdienstvoller Wasserbau-Ingenieur, Herr Cordier in Paris, hat diese Uebelstände durch Anwendung der Schraubenturbine beseitigen zu können geglaubt, da diese einfache Maschine nur eine mäßige Geschwindigkeit braucht, bei welcher weder merkliche Stöße, noch Wirbel entstehen können. Bewegt sich nämlich eine schiefe Ebene, welche im Wasser untergetaucht ist, parallel zu sich und horizontal vorwärts, so wird sich das Wasser zu einer Höhe erheben, welche genau derjenigen Höhe entspricht, von welcher ein schwerer Körper herabfallen muß, um die Geschwindigkeit dieser Ebene zu erlangen, und man kann die Geschwindigkeit der Ebene derartig erhöhen, daß das Wasser am oberen Ende des Apparates überfließt. Die Ausflußmenge wird der Theorie nach der bei der Bewegung der Ebene aufgewendeten Arbeit entsprechen, in der Praxis wird es aber schwer, die erforderlichen Bedingungen zu erfüllen, indem man in einem beschränkten Raume die Continuität und Periodicität der Bewegung erzielen muß. Bewegt sich die Ebene kreisförmig um eine Axe, so bleiben die Geschwindigkeiten nicht dieselben für alle Punkte, indessen lassen sich dadurch, daß man die Ebene entfernter von der Axe anbringt, ihr wenig Breite giebt und sie schraubengangförmig krümmt, die erforderlichen Bedingungen annähernd, wenn nicht vollkommen erfüllen.

Cordier's Wasserhebungsmaschine besteht nun aus einer Trommel mit verticaler Axe, an welcher schraubengangförmige Flügel und überdies Leitschaufeln, welche das Wasser ohne Stoß einführen, befestigt sind. Die einzigen beweglichen und mit dem Wasser in Berührung stehenden Theile sind die Schraubenflügel, und es findet keine wirbelartige Einwirkung auf die Wassermasse statt.*) Natürlich kann nicht eher ein Ausguß von Wasser stattfinden, als bis die Geschwindigkeit größer als die der Druckhöhe entsprechende Geschwindigkeit geworden ist, sobald aber die Geschwindigkeit zunimmt, so gelangt auch Wasser zum Ausfluß und zwar in einer Menge proportional zur Vermehrung der Geschwindigkeit.

Was an diesen Wasserhebeapparaten noch besonders hervorzuheben ist, das ist die Einfachheit der Construction,

---

*) Der dem Mechaniker Faure in Paris unter dem 6. Juli 1855 patentirte Wasserhebungsapparat, genannt Schraubenpumpe, welcher aus einer verticalen, sich in einem gußeisernen Cylinder drehenden Welle mit Schraube besteht, das Wasser durch Oeffnungen im Boden aufnimmt und durch ein unter dem Deckel eintretendes Rohr mit Ventil wieder ausgiebt, besitzt bis an die Nabe reichende Schraubengänge, sodaß die ganze Maschine an der der Welle mitgetheilten Rotationsbewegung Theil nimmt, während bei dem Cordier'schen Apparate die Schraube nur einen ringförmigen Raum am Umfange der mit Leitschaufeln besetzten Trommel in der Mitte einnimmt und die Rotationsbewegung daher an die Wassermasse nicht übertragen wird.

Wir machen auf diesen Unterschied deshalb besonders aufmerksam, weil der General Morin in seinem Werke: „Des machines et appareils destinés à l'élévation des eaux, Paris 1863," eine bei der Ausstellung vom J. 1855 befindliche Pumpe mit verticaler Schraube abbildet, mit welcher Versuche angestellt wurden, welche auf einen Wirkungsgrad von nur 18 bis 19 Procent führten, während Appold's Centrifugalpumpe beispielsweise bei wesentlich geringeren Umdrehungsgeschwindigkeiten für ihre Maximalleistung 65 Procent gegeben hatte.

insofern nämlich alle Ventile oder Schieber fehlen; ferner die Leichtigkeit, mit der man durch Veränderung der Geschwindigkeit verschiedene Wassermengen zu heben vermag, und besonders der gute Wirkungsgrad, welcher nach den vom Erfinder angestellten Versuchen die Wirkungsgrade aller bis jetzt erfundenen ähnlichen Wasserhebungsmaschinen bedeutend übertrifft.

Bei der Ausführung seiner Idee ist Herr Cordier sehr wesentlich durch die Maschinenfabrik von Lebrun & Lévêque in Creil unterstützt worden, indem dort alle vorbereitenden Entwürfe ausgearbeitet und die Maschinen selbst sehr vorzüglich ausgeführt worden sind.

Die auf Tafel 26 dargestellte Schraubenturbine ist in Alexandrien aufgestellt, wo sie seit zwei Jahren zum Heben des Wassers des großen Canales Mamoudieh in den unterirdischen Canal dient, aus welchem die großen Maschinen der Wasserversorgungsanlage von Alexandria gespeist werden. Diese Turbine ist nur bei dem Niedrigwasserstande in Gang, während sie überflüssig wird, sobald der Nil eine gewisse Höhe erreicht hat.

Figur 1 zeigt einen Verticalschnitt durch die Welle der Turbine und die Fundamente und Gruben der Betriebsmaschine mit Spannrolle und Speisepumpe.

Fig. 2 ist eine obere Ansicht der in Fig. 1 dargestellten Apparate, ebenfalls im Maaßstabe von $\frac{1}{40}$ gezeichnet.

Fig. 3 und 4 geben im doppelten Maaßstabe, also in $\frac{1}{20}$ der natürlichen Größe, die eigentliche Turbine mit ihrer hohlen Welle, welche durch einen Zapfen am oberen Ende getragen wird, sammt Riemenscheibe, durch welche sie getrieben wird.

Fig. 5 zeigt im Durchschnitt die Construction der Zapfenlager der verticalen Transmissionswelle sammt Schwungrad, welches zugleich als Riemenscheibe benutzt wird.

Fig. 6 ist ein Durchschnitt durch die Mechanismen zum Spannen der Riemen.

Allgemeine Anordnung. — Wie die Figuren 1 und 2 anzeigen, ist von den Erbauern eine Anordnung gewählt worden, welche die directe Uebertragung der Bewegung an die verticale Turbinenwelle mittelst Riemen gestattet. Hierzu ist natürlich eine Spannvorrichtung nöthig geworden, welche um so weniger entbehrt werden konnte, als die Riemenscheiben der hervortretenden Wangen zum Aufhalten des Riemens entbehren. Derartige Ränder sind zwar, wie man sieht, nicht gerade unentbehrlich, doch dürfte es bei derartigen Bewegungsübertragungen meistentheils anzuempfehlen sein, solche vorspringende Ränder auf der unteren Seite der Riemenscheiben anzubringen, damit die in der Ruhe schlaff werdenden Riemen nicht vom Umfange rutschen und abfallen.

Man hätte auch, wie es die Herren Cordier, Lebrun und Lévêque für eine demnächst zu machende Anwendung ihres Systemes zu thun beabsichtigen, statt der großen Riemenscheibe ein Stirnrad mit Holzzähnen anwenden können, welches in ein direct auf der Turbinenwelle sitzendes gußeisernes Getriebe eingriffe; es wäre dadurch Raum gewonnen und der Spann-Mechanismus erspart worden, indessen waren diese Rücksichten bei der Ausführung zu Alexandria von weniger Bedeutung, als es wohl anderwärts der Fall sein dürfte.

Dampfmaschine. — Die Dampfmaschine ist von der einfachsten Construction; es ist eine kleine liegende Hochdruckmaschine mit verstellbarer Expansion und Dampfhemde am Cylinder von 8 Pferdekräften Stärke. Sie ruht solid auf einem starken gemauerten Fundament A mit der Grube A′, in welcher das Zapfenlager der Transmissionswelle, der Spannvorrichtung und ihrer treibenden Welle, sowie die Speisepumpe aufgestellt ist und der Vorwärmer Platz gefunden hat. (Fig. 2.)

Letzterer besteht aus einem Blechcylinder, in welchen der ausblasende Dampf und zugleich auch Wasser zur Condensation desselben einströmt. Das Wasser fällt als Regen vom Deckel herab und ein Theil des Condensationswassers wird von der Speisepumpe angesogen, welche es nach dem Dampfkessel drückt.

Der Dampfcylinder C hat 0,26 Meter inneren Durchmesser und ist von einem Mantel umgeben, welcher mit dem vom Dampfkessel kommenden Dampfe gefüllt wird. Dieser Dampf gelangt dann mittelst des am Handrädchen a zu stellenden Absperrventils in das Schiebergehäuse a′, in welchem ein Vertheilungs- und ein Expansionsschieber liegt. Diese werden mittelst der Stangen b und b′ und der Kurbel C′, welche an der Axe der großen als Schwungrad dienenden Riemenscheibe D von 2,7 Meter Durchmesser steckt, bewegt.

Die geradlinige Bewegung des Dampfkolbens wird durch die Lenkerstange D′ auf dieselbe Kurbel übertragen, wobei das hintere Ende der Lenkerstange in den an der gußeisernen Fundamentplatte E angeschraubten Führungslinealen d geführt wird. An der Fundamentplatte E ist das Halslager d′ angegossen, welches die verticale Welle E′ stützt, an deren oberem Ende die große Riemenscheibe D aufgesteckt ist. Letztere Welle ruht mit dem unteren Zapfen auf einer Stahlplatte, welche in der Büchse e′ liegt und durch die Schrauben f in dem Fußlager F so lange verschoben und centrirt werden muß, bis die Welle genau vertical steht.

Das Fußlager ist an die Fundamentplatte F′ angegossen, welche die Kaltwasserpumpe G und die Speisepumpe

G′ trägt. Letztere Beide liegen dergestalt hintereinander, daß ein und dasselbe Excenter beide Pumpenkolben bewegt. Erstere (G) saugt das Wasser aus dem Canal und drückt es nach dem Vorwärmer B, während die Speisepumpe G′ das durch den condensirten Dampf im Vorwärmer erhitzte Wasser nach dem Dampfkessel drückt.

Die hauptsächlichsten Dimensionen dieses Motors sind folgende:

Durchmesser des Dampfkolbens	0,26 Met.
Hub desselben	0,50 „
Länge der Lenkerstange	1,80 „
Aeußerer Durchmesser der Schwungradriemenscheibe	2,70 „
Gewicht des Letzteren	1500 Kilogr.
Durchmesser des Kolbens der Kaltwasserpumpe	0,10 Met.
Hub desselben	0,15 „
Durchmesser des Kolbens der Speisepumpe	0,07 „
Hub desselben	0,15 „
Durchmesser des Vorwärmers	1,00 „
Höhe desselben	1,50 „

Der Dampfkessel ist ein Cylinderkessel ohne Siederohre mit Seitenzügen, von sehr einfacher Construction und zugleich sehr ökonomisch, leicht zu behandeln und von ausgezeichneter Leistung. Seine Hauptdimensionen sind die nachstehenden:

Durchmesser des Cylinderkessels	1,00 Met.
Länge desselben	7,50 „
Weite des Dampfdomes	0,60 „
Höhe desselben	0,80 „
Zulässige Spannung	6 Atmosphären.

Spannvorrichtung. — Bei dieser Art Transmission mit Riemenscheiben, welche sich in einer horizontalen Ebene drehen, ist, wie bereits bemerkt, eine Vorrichtung nöthig, welche den Riemen gehörig gespannt erhält, damit er auf dem Umfange der Triebrolle D und der davon getriebenen Scheibe P am oberen Ende der Turbinenwelle nicht rutschen kann.

Dieser Mechanismus besteht hier aus der Rolle H, deren verticale Welle bis auf den Boden der Grube A′ hinabreicht und daselbst auf einer Stahlplatte des Fußlagers h aufruht, welches mittelst der gußeisernen Führungen h′ auf der Fundamentplatte I verschiebbar ist. (Fig. 1 und 6.) Das obere Ende der Welle H′ wird durch einen Halsring geführt, welcher in einem zweiten Lager i eingespannt ist, das ebenso wie das Fußlager zwischen den auf die beiden Doppel-T-förmigen Träger im Niveau der Haussohle aufgeschraubten Coulissen verstellt werden kann. Auf diese Weise ist diese Welle oben und unten solid gelagert und die am oberen Ende lose darauf reitende Spannrolle bietet mithin auch den gehörigen Widerstand; um den Riemen mehr oder weniger zu spannen, braucht man nur die Lager h′ und i um gleichviel zur Seite zu schieben, wobei die Welle natürlich vollkommen vertical bleibt. Hierzu bedient man sich der beiden Schrauben I und I′ (Fig. 6), deren Muttern in den Lagerböckchen selbst befestigt sind, und welche mit kleinen Winkelrädern j und j′ versehen sind, in welche ebensolche Winkelrädchen k und k′ an der verticalen Welle K eingreifen. Letztere, welche unten in dem Fußlager i′ steht und oben von dem Halslager K′ gehalten wird, hat an ihrem oberen Ende ein Handrädchen v, welches man rechts oder links herumdrehen kann; es drehen sich dann die beiden Schrauben I und I′ vermittelst der beiden Paare Winkelräder jk und j′k′ in entsprechendem Sinne und die Welle H′ wird dabei der Welle der Triebrolle genähert, oder von ihr abgerückt, was auf den treibenden Riemen eine anspannende oder nachlassende Wirkung ausübt.

Turbine. — Was das hauptsächlichste Organ der Wasserhebevorrichtung anlangt, die sogenannte Schraubenturbine, so besteht sie aus der in Messing gegossenen Trommel L (Fig. 1 und 4), an welcher die Schaufeln oder Schraubengänge l angegossen sind, und welche mittelst der Nabe mit bronzener Büchse l′ auf dem erhöhten Sitze der stehenden Welle oder Säule L′ befestigt ist. Letztere ist am unteren Ende in dem Fußstücke der Turbine mittelst Keil befestigt und trägt am oberen Ende ein Zapfenlager, in welchem der Zapfen m der hohlen Welle M des Turbinenrades läuft. (Fig. 3.) Mittelst dieser Vorrichtung ist, wie bei den Fontaine'schen Turbinen, die Schmierung des Zapfens über das Wasser hinausgehoben und es läßt sich die genaue Stellung der Schraubentrommel durch Anziehen oder Nachlassen der Schraube m′, welche durch eine am oberen Ende der beweglichen Welle auf eine angegossene Flansche aufgeschraubte schmiedeeiserne Platte hindurchgeht und eine Gegenmutter besitzt, sehr bequem reguliren. Unter der erwähnten Flansche befindet sich der Sitz für die getriebene Riemenscheibe P und unterhalb des Letzteren ein Halslager n, dessen Schalen in zwei Querstücken M′ liegen, welche auf den beiden Doppel-T-förmigen gußeisernen Balken N befestigt sind. Letztere endlich sind mittelst der Bolzen n′ mit dem Mauerwerk des Wasserzuleitungscanales, in welchem die Turbine steht, verankert.

Am Boden dieses Canales befindet sich zunächst das Fußstück N′ mit der Nabe zur Befestigung der stehenden Säule L′ und einer davon aufsteigenden gußeisernen Schale; im Innern zeigt dieses Fußstück vier sich unter rechten Winkeln schneidende Scheidewände o, welche nach oben gegen die Schraube hin gekrümmt sind, um das aus dem Canale kommende und zwischen den Scheidewänden und durch die im Fußstücke ausgesparten Oeffnungen zum Rade herantretende Wasser besser in dasselbe zu dirigiren.

Das Turbinenrad ist von einem niedrigen Cylindermantel O mit zwei Flanschen, von denen die eine auf das Fußstück aufgeschraubt und die andere zur Verbindung mit dem Leitschaufelrade O′ bestimmt ist, umgeben. In Letzterem befinden sich vier Leitschaufeln o′ (Fig. 1), deren Krümmung nach der entgegengesetzten Seite von den Scheidern o gerichtet und darauf bemessen ist, daß das durch das Rad hindurchströmende Wasser nach dem Austritt aus dem Rade in eine verticale Richtung hinübergeleitet werde.

Auf die obere Flansche des Leitschaufelrades ist der Blechcylinder R aufgeschraubt, welcher als Steigrohr für das gehobene Wasser dient und am oberen Ende den Ausguß r besitzt. Die calottenförmige Schale in der Mitte des Leitschaufelapparates nimmt in der Mitte das gußeiserne Rohr R′ auf (Fig. 4), welches das Wasser von der hohlen Welle M abhält, an welcher das Turbinenrad hängt.

Die in Alexandria aufgestellte Schraubenturbine besitzt folgende Dimensionen:

Aeußerer Durchmesser der Flügel	1,200	Met.
„ „ der Nabe	0,800	„
Mittlerer Durchmesser	1,000	„
Mittlerer Umfang des Rades	3,1416	„
Zahl der Gänge	4	„
Dicke der Schaufeln	0,010	„
Schraubenganghöhe	0,440	„
Durchmesser der auf der Welle sitzenden Riemenscheibe	0,900	„

Gang und Leistung der Wasserhebungsmaschine. — Das aus dem Canale zufließende Wasser tritt durch die Oeffnungen in das Fußstück und wird durch die Schaufeln o in tangentieller Richtung nach dem eigentlichen Turbinenrade hingeleitet. Besitzt dieses die passende Umdrehungsgeschwindigkeit, so hebt es das zufließende und durch die Schaufeln o′ nach dem Austritt aus dem Rade wieder in die verticale Richtung übergeführte Wasser nach dem Steigrohre R und dem Ausgusse r.

Damit dies geschehe, muß, wie bereits bemerkt, die mittlere Geschwindigkeit des Turbinenrades etwas größer sein, als die der Steighöhe h entsprechende Geschwindigkeit $\sqrt{2gh}$, denn bei dieser Geschwindigkeit würde nur Gleichgewicht vorhanden sein. Der Ueberschuß an Geschwindigkeit, welcher erforderlich ist, muß nahe ebenso groß sein, als die der Steighöhe entsprechende Geschwindigkeit, denn der Nutzeffect nimmt mit diesem Ueberschuß ab, wie schon daraus hervorgeht, daß er gleich Null wird, wenn die Geschwindigkeitshöhe der Steighöhe gleich ist.

Bei den vom Erfinder mit der Turbine in Alexandria angestellten Versuchen hat man gefunden, daß der Nutzeffect über 80 Procent der aufgewendeten Arbeit betrug, wenn bei 132 Umgängen pro Minute 200 Liter Wasser pro Secunde auf 0,9 Meter Höhe gehoben wurden. Dieses Resultat wurde durch Messen des gehobenen Wassers mittelst eines Ueberfalles und Bremsen der Dampfmaschine auf der Schwungradwelle zur Ermittelung der Arbeit der Maschine gewonnen.

Wenn nun die Umdrehungszahl der Turbine 132 beträgt und ihr mittlerer Durchmesser 1 Meter mißt, so erhält man die Umfangsgeschwindigkeit in der mittleren Peripherie gleich $\frac{132 \cdot 3{,}1416}{60} = 6{,}911$ Meter pro Secunde.

Der Abstand der beiden Wasserspiegel betrug 0,9 Meter, und dieser Druckhöhe entspricht eine Geschwindigkeit $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9{,}8088 \cdot 0{,}9} = 4{,}202$ Meter pro Secunde.

Hiernach ist die Umdrehungsgeschwindigkeit der Turbine, welche das Aufsteigen des Wassers bewirkt, um $6{,}911 - 4{,}202 = 2{,}709$ Meter größer, als die der Steighöhe entsprechende Geschwindigkeit, und es entspricht dieser mehreren Geschwindigkeit eine Vermehrung der Umdrehungen um:

$$\frac{2{,}709 \cdot 60}{3{,}1416} = 52 \text{ Umgänge pro Minute.}$$

Nun verdrängt das Schraubenrad nach seinen Dimensionen pro Umdrehung ein Volumen von

$$3{,}1416 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}1 \cdot 4 = 0{,}251328 \text{ Cubikmeter,}$$

sollte also pro Minute

$$52 \cdot 0{,}251328 = 13{,}068 \text{ Cubikmeter}$$

Wasser zu heben im Stande sein.

Bei den Versuchen in Alexandria ergoß sich das gehobene Wasser über einen 1,5 Meter breiten Ueberfall in einem 0,18 Meter starken Strahle, es berechnet sich also die gehobene Wassermenge auf

$$0{,}4 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}18 \sqrt{2 \cdot 9{,}8088 \cdot 0{,}18} = 0{,}02034 \text{ Cubikmeter}$$

pro Secunde oder 12,204 Cubikmeter pro Minute, d. i. ziemlich ebenso groß, als nach der obigen Rechnung zu erwarten gewesen wäre.

Berechnen wir andrerseits die Leistung der Dampfmaschine aus den durch die Versuche gewonnenen Daten, so bekommen wir Folgendes.

Die Kolbenfläche, nach Abzug des Kolbenstangenquerschnittes betrug $(0{,}26)^2 \cdot \frac{\pi}{4} - (0{,}04)^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 0{,}0523$ Qu.-Meter und der Druck auf den Dampfkolben 2 Atmosphären. Die Geschwindigkeit des Kolbens war ferner $\frac{0{,}5 \cdot 2 \cdot 40}{60} = 0{,}666$ Meter pro Secunde. Da bei $\frac{1}{4}$ des Hubes expandirt wurde, so erhält man die theoretische Arbeit des Dampfes:

$$T = \frac{523 \cdot 2 \cdot 0{,}666 \cdot 0{,}597}{75} = 5{,}54 \text{ Pferdekräfte.}$$

Der Versuch mit dem Prony'schen Brems ergab aber nur 2,5 Pferdekräfte*), woraus der Wirkungsgrad der Dampfmaschine $= \frac{2,5}{5,54} = 0,45$ folgt.

Da nun nach Obigem die Turbine 132 Umdrehungen pro Minute gemacht hat, was bei den gegebenen Verhältnissen zwischen den Durchmessern der Riemenscheiben (2,7 Meter und 0,9 Meter) einer Umdrehungszahl der Schwungradwelle von

$$\frac{0,9 \,.\, 132}{2,7} = 44 \text{ Umgängen pro Minute}$$

entspricht, so ergiebt sich, daß die Turbine eine Betriebskraft von

$$T = \frac{44}{40} \,.\, 2,5 = 2,76 \text{ Pferdekräften}$$

consumirt hat.

Vergleicht man nun hiermit, welche Arbeit die Schraubenturbine wirklich geleistet hat, nämlich

$$\frac{12,204 \,.\, 0,9}{60.75} = 2,44 \text{ Pferdekräfte,}$$

so erhält man für den Wirkungsgrad der neuen Wasserhebevorrichtung

$$\frac{2,44}{2,76} = 0,88.$$

Da dieselbe zur Wasserversorgung der Stadt Alexandria unausgesetzt in Gang zu erhalten gewesen ist, so war man nicht im Stande, eine größere Zahl von Versuchen anzustellen, die Herren Lebrun und Levêque bauen aber gegenwärtig für den Nubar Pascha eine ebenso starke Schraubenturbine zum Heben des Wassers auf größere Höhen und an dieser will Herr Cordier eine ausgedehntere Reihe von Versuchen abführen, da sie nicht für einen ähnlichen öffentlichen Zweck bestimmt ist. Derselbe glaubt übrigens, daß diese Wasserhebevorrichtung bei größeren Umdrehungsgeschwindigkeiten sogar einen noch höheren Effect leisten könne, als den oben angeführten.

Das Umgekehrte findet statt, wenn man die Geschwindigkeit geringer werden läßt, was bei langsamer laufender Dampfmaschine sehr gut wahrzunehmen war. Nachstehende Tabelle zeigt die Ergebnisse einiger, mit verschiedenen geringeren Geschwindigkeiten angestellter Versuche, indem zum Vergleich die Resultate des oben angeführten Versuches in der ersten Zeile wiederholt worden sind.

Umdrehungszahl der Turbine pro Min.	Höhe, auf welche das Wasser gehoben worden ist. Met.	Mittlere Geschwindigkeit der Turbine pro Secunde. Met.	Geschwindigkeit, welche der Hubhöhe entspricht. Met.	Differenz der vorigen beiden Geschwindigkeiten. Met.	Umdrehungszahl, welche dieser Geschwindigkeitsdifferenz entspricht.	Druckhöhe bei dem 1,5 Meter breiten Ueberfalle. Met.	Ausflußmenge, nach dem Ueberfalle berechnet. Cubikmet.	Ausflußmenge, nach der Umdrehungszahl berechnet. Cubikmet.	Leistung in Pferdekräften		Wirkungsgrad.
									bei der Maschine.	bei der Turbine.	
132	0,90	6,911	4,202	2,709	52,000	0,18	12,20	13,068	2,76	2,40	0,88
117	0,87	6,126	4,131	1,995	38,000	0,15	9,10	9,550	2,44	1,76	0,72
108	0,84	5,486	4,059	1,427	27,267	0,12	6,52	6,646	2,38	1,22	0,51
90	0,79	4,712	3,936	0,776	14,828	0,07	2,95	3,724	1,88	0,518	0,275
70	0,72	3,927	3,758	0,169	3,229	0,00	0,00	0,809	0,00	0,000	0,00

Hiernach giebt die fragliche Wasserhebevorrichtung keine gute Leistung, wenn die Geschwindigkeit im mittleren Radumfange nicht mindestens 6 bis 7 Meter pro Secunde beträgt, wozu nur die geringe Umdrehungszahl von 130 bis 135 Touren pro Minute erforderlich ist und selbst eine geringere Umdrehungszahl genügen würde, wenn der Raddurchmesser ein größerer wäre. Da nun die Geschwindigkeiten den Quadratwurzeln aus den Druckhöhen proportional sind, so erzeugt eine zwei- und dreifache Geschwindigkeit des mittleren Radumfanges eine vier- und neunmal so große Steighöhe. Es würde also die Turbine zu Alexandria bei 260 Umdrehungen pro Minute 400 Liter pro Secunde auf 3,6 Meter Höhe zu heben im Stande sein, was einem Nutzeffect von 19,2 Pferdekräften entsprechen würde, und sie würde in diesem Falle eine Dampfmaschine von 25 Pferdekräften Stärke zum Betriebe erfordern.

Wollte man eine größere Wassermenge heben, so müßte man der Turbine 3 bis 4 Meter Durchmesser geben, und um dann die gehörige Umfangsgeschwindigkeit zu erzielen, würde man zweckmäßiger zwei im rechten Winkel gestellte Kurbeln an der Turbinenwelle anbringen und diese direct durch eine zweicylindrige Dampfmaschine betreiben lassen, welche 50 bis 60 Umdrehungen pro Minute machen könnte.

*) Ihren Dimensionen nach kann die Dampfmaschine 8 Pferdekräfte leisten, welche, wie man sieht, nur zum kleinen Theil gebraucht werden. Da man indessen wegen der sehr schwankenden Nilwasserstände nicht genau vorhersehen kann, wie hoch das Wasser zu heben sein kann, so haben die Constructeurs auf gehörige Reserve Rücksicht zu nehmen gehabt.

Man baut in Frankreich und England bereits mehrfach derartige Wasserhebevorrichtungen, welche für Ueberrieselungs-, Trockenlegungs- und Schöpfanlagen, kurz in allen den Fällen, wo große Wassermengen auf noch nicht 10 Meter Höhe zu heben sind, sehr zweckmäßig erscheinen und den Pumpwerken gegenüber vorzüglich dann vortheilhaft sind, wenn das zu hebende Wasser getrübt oder mit festen Stoffen verunreinigt ist.

(Nach Armengaud, Publication Industrielle, Vol. XVI, livr. 7—8.)

Ueber das Volumenverhältniß des großen und kleinen Cylinders der Woolf'schen Maschine.

Von

Dr. Th. Weiß, Professor am Polytechnikum zu Dresden.

Um dem Expansionsgrade einen sehr beträchtlichen Werth ertheilen zu können, ohne den gleichförmigen Gang einer rotirenden Maschine wesentlich zu beeinträchtigen, muß man bekanntlich entweder ein bedeutend schwereres Schwungrad als sonst anwenden, oder zwei, beziehentlich eine größere Anzahl von Maschinen unter verstellten Kurbeln miteinander kuppeln, oder endlich zwei, beziehentlich mehrere auf dieselbe Kurbel einwirkende Cylinder anordnen.

Es scheint, als wenn aus diesem Umstande die Entstehung der Woolf'schen Maschine hergeleitet werden müsse.

Ob diese Maschine noch anderweite Vortheile gewährt, als diesen des gleichförmigeren Ganges, oder, wie man auch sagen kann, denjenigen, einen verlangten Expansionsgrad und verlangten Gleichförmigkeitsgrad mit einem minder schweren Schwungrade, als eine eincylindrige Maschine, erreichen zu lassen, ist unentschieden. Möglich, daß der Umstand, wonach die Expansion gänzlich oder doch zum größten Theile in einem besonderen Cylinder vorgenommen wird, einen Vortheil für die Dampfausnutzung liefert, indem nämlich die Abkühlungsverluste, welche der frisch einströmende Dampf an den durch den abziehenden Dampf erkaltenden Cylinderwänden erleidet, ein minder beträchtliches Maaß, als bei der eincylindrigen Maschine erreichen. Es läßt sich wegen mangelnder Erfahrungssätze in Betreff der Wärmeleitung und der Wärmemittheilung über diese Frage nicht mit Sicherheit entscheiden.

Jedenfalls aber hat die Woolf'sche Maschine gegenüber der eincylindrigen, außer wegen der complicirteren Construction beträchtlich theurer zu sein, den Nachtheil, wegen des nicht unbedeutend größeren schädlichen Raumes eine günstigere Ausnutzung des Dampfes zu verhindern, und wegen vermehrter Reibungswiderstände, wie sie namentlich durch das Vorhandensein zweier Kolben mit Zubehör verursacht werden, stärkere Effectverluste entstehen zu lassen.

Dieser letzteren Umstände wegen bin ich sehr geneigt, zu vermuthen, daß die günstige Meinung über den geringen Kohlenverbrauch, mit welchem man bei Woolf'schen Maschinen ausgereicht haben will, also mit andern Worten über die Brennmaterialersparniß, welche mit diesem Maschinensystem anderen gegenüber gewonnen sein soll, entweder illusorisch ist, oder von dem Umstande herrührt, daß bei vergleichenden Beobachtungen relativ größere, also den erforderlichen Dampf mit weniger Brennmaterial erzeugende Kessel angewendet wurden, oder endlich auch davon, daß der Expansionsgrad größer, als bei der in Vergleich gezogenen eincylindrigen Maschine war. Ich bin daher der Ansicht, daß man aus diesen Gründen die Woolf'sche Maschine nicht so häufig, als es zu geschehen pflegt, der eincylindrigen vorziehen, letztere vielmehr mit einem entsprechend stärkeren Expansionsgrade, wenn alsdann auch mit einem schwereren Schwungrade, arbeiten lassen sollte.

Wird indessen dem Eingangs bezüglich des Gleichförmigkeitsgrades bezeichneten Vortheil, also der Beseitigung eines verhältnißmäßig gewichtigen Schwungrades eine erhebliche Wichtigkeit beigemessen, so erscheint mir das Verhältniß, welches zwischen den Inhalten der beiden Cylinder für gewöhnlich angenommen und zwar zu 4 bis 5 angenommen wird, nicht das richtigste. Vielmehr zeigt nachstehende Rechnung, daß durch ein kleineres Volumenverhältniß der Gleichförmigkeit des Ganges bedeutend besser gedient wird, oder, was dasselbe sagen will, das zu Erreichung eines gewissen Gleichförmigkeitsgrades nöthige Schwungrads-Gewicht geringer ausfällt.

Diese Rechnung stützt sich auf folgende vorgängige Betrachtung.

Der Gleichförmigkeitsgrad einer Kolbenmaschine mit Kurbelmechanismus ist unter sonst gleichen Umständen um so vollkommener, je mehr constant während des ganzen Hubes der auf den Kolben ausgeübte Gesammtdruck bleibt. Bei einer Woolf'schen Maschine nimmt dieser Gesammtdruck, es mag nun im kleineren Cylinder schon Expansion angewendet werden, oder nicht, nach einem gewissen Gesetze vom Beginn des Kolbenlaufes bis zu Ende desselben beständig ab. Je geringer die Abnahme, also die Differenz zwischen anfänglichem und endlichem Gesammtdruck, desto constanter ist der Druck während des ganzen Hubes, desto gleichförmiger mithin der Gang. Eine oberflächliche Erwägung zeigt aber, daß jene Druckdifferenz unter sonst gleichen Umständen von dem Volumenverhältniß der beiden Cylinder abhängt, eine Function davon ist. Es kann daher diese Druckdifferenz möglicherweise durch ein gewisses Volumenverhältniß zu einem Minimum gemacht werden.

Die anzustellende Rechnung würde hiernach darauf abzielen müssen, das Minimum in Bezug auf das genannte Volumenverhältniß von einer Formel zu bestimmen, welche die Differenz des anfänglichen und endlichen Gesammtdruckes darstellt. Hierbei ist aber zu beachten, daß das gesammte Expansionsverhältniß als constant angenommen, und daß demnach vorausgesetzt werden muß, auch im kleinen Cylinder würde, einschließlich der Nichtexpansion als besonderen Fall, schon expandirt; es ist ferner zu beachten, daß die bezeichnete Formel für die Druckdifferenz unter der Bedingung einer unter allen Umständen constanten Leistung der Maschine aufgestellt werden muß.

Wenn nun analog den Redtenbacher'schen Bezeichnungen:

O den Querschnitt in Quadratmetern, L die Länge in Metern, $m_1 O L$ den schädlichen Raum } des großen Cylinders,

o den Querschnitt, l die Länge, mol den schädlichen Raum } des kleinen Cylinders,

l_1 den Kolbenlauf während Eintritt des frischen Dampfes,

$\mathfrak{B}$ das Volumen des Verbindungsrohres zwischen den beiden Dampfkammern + das Volumen der Dampfkammern des großen Cylinders,

$\varepsilon = \frac{o l_1}{O L}$ das totale Expansionsverhältniß,

p den Druck des frisch einströmenden Dampfes in Kilogrammen auf 1 Quadratmeter des kleinen Kolbens,

q Druck vor dem Kolben des kleinen und hinter dem Kolben des großen Cylinders bei Beginn des Hubes,

p_1 Druck hinter dem kleinen Kolben am Ende des Kolbenhubes,

q_1 Druck vor dem Kolben des kleinen und hinter dem Kolben des großen Cylinders am Ende des Kolbenhubes,

r den auf 1 Quadratmeter des großen Kolbens reducirten schädlichen Widerstand der Maschine, einschließlich der Condensatorspannung,

Δ Differenz des gesammten treibenden Druckes am Beginn und am Ende des Hubes,

bedeutet, so schreibt sich zunächst:

$$\Delta = o(p-q) + O(q-r) - o(p_1-q_1) - O(q_1-r)$$
$$= o\left\{p - \left(1-\frac{O}{o}\right)q - p_1 + \left(1-\frac{O}{o}\right)q_1\right\} \quad . \ . \quad (1)$$

Wird jetzt vorläufig angenommen, die Druckänderungen folgten einfach dem Mariotte'schen Gesetze, die Drücke verhielten sich also umgekehrt den vom Dampfe erfüllten Voluminibus, so ist:

$$q_1 = \frac{o l_1 + mol}{OL + \mathfrak{B} + mol + m_1 OL} \cdot p$$
$$= \frac{\varepsilon + m\frac{ol}{OL}}{1 + \frac{\mathfrak{B}}{OL} + m\frac{ol}{OL} + m_1} \, p,$$

ferner:

$$p_1 = \frac{o l_1 + mol}{ol + mol}\, p = \frac{\varepsilon \frac{OL}{ol} + m}{1+m} \cdot p$$

und

$$q = \frac{ol + mol}{ol + mol + \mathfrak{B} + m_1 OL} \cdot p$$
$$= \frac{\varepsilon\frac{OL}{ol} + m}{1 + m + \frac{\mathfrak{B}}{ol} + m_1\frac{OL}{ol}} \cdot p$$
$$= \frac{\varepsilon\frac{OL}{ol} + m}{1 + m + \frac{OL}{ol}\left(\frac{\mathfrak{B}}{OL} + m_1\right)} \cdot p.$$

Wird der Vereinfachung wegen, angenähert genug, $q = p_1$ gesetzt, und führt man diese Werthe in (1) ein, so ergiebt sich:

$$\Delta = op\left\{1 - \left(2-\frac{O}{o}\right)\frac{\varepsilon\frac{OL}{ol} + m}{1+m} + \left(1-\frac{O}{o}\right)\frac{\varepsilon + m\frac{ol}{OL}}{1 + \frac{\mathfrak{B}}{OL} + m\frac{ol}{OL} + m_1}\right\} \quad . \ . \ . \quad (2)$$

Wollte man schon von dieser Formel den Minimalwerth auf bekanntem Wege bestimmen, indem man den Differentialquotienten $\left(\frac{d\varDelta}{d\left(\frac{O}{o}\right)}\right)$ aufsuchte und Null setzte, so müßte man außer den Verhältnißzahlen m, m_1 und $\frac{\mathfrak{B}}{OL}$ der schädlichen Räume und außer dem totalen Expansionsgrade auch den Querschnitt o des kleinen Cylinders constant voraussetzen. Ist eine solche Voraussetzung wohl für die erstgenannten Größen, wie auch für die Spannung p vollkommen richtig und sachgemäß, so ist sie es doch nicht für die letztbezeichnete.

Es kann hier nicht ein Gegenstand der Untersuchung sein, welches das günstigste Volumenverhältniß der Cylinder aller derjenigen Woolf'schen Maschinen ist, welche mit dem gleichen Drucke p, demselben Expansionsgrade ε und demselben Cylinderquerschnitt arbeiten, sondern es muß untersucht werden, wie jenes Volumenverhältniß bei gleichem Drucke, gleichem Expansionsgrade und gleicher Leistung der Maschinen ausfällt. Mit andern Worten befindet man sich auf dem Standpunkte, jenes Verhältniß bestimmen zu sollen, wenn die zu construirende Maschine mit einem bestimmten Drucke p, mit einem bestimmten, aus irgend welchen sonstigen Gründen als günstig erkannten Gesammt-Expansionsgrade, und unter Abgabe einer bestimmten Leistung zu arbeiten hat.

Aus diesen Gründen muß in Formel (2) der Werth o noch durch seine Beziehung zu der Leistung der Maschine ausgedrückt werden. Bedeutet zu dem Ende:

v die mittlere Geschwindigkeit, d. h. den pro Secunde zurückgelegten mittleren Weg des kleinen Kolbens in Metern,

A die Arbeit der Maschine in Kilogrammetern pro Hub,

N die Arbeit der Maschine pro Secunde in Pferdekräften,

so berechnet sich jene Beziehung in folgender Weise.

Die Arbeit, welche ein Gas im Allgemeinen verrichtet, ist bekanntlich

$$= \int y\, dV,$$

wo y den veränderlichen Druck und V das Volumen bedeutet.

In einer Woolf'schen Maschine finden, wie in jeder Expansionsmaschine, pro Hub Volumenänderungen unter zwei wesentlich verschiedenen Bedingungen statt. Die erste Aenderung vom Beginn des Kolbenlaufes, wo das Volumen $= mol$ ist, bis zur Absperrung des Dampfes, wo das Volumen $= ol_1 + mol$ ist, vollzieht sich unter constantem Drucke p. Die zweite Aenderung vom Beginn der Absperrung bis zum Ende des Laufes beider Kolben, wo das Volumen $= (OL + m_1 OL + \mathfrak{B} + mol)$ ist, unter veränderlichem, und zwar auf Grund des Expansionsgesetzes veränderlichem Drucke. Wird hier wieder, wie früher, das Mariotte'sche Gesetz als Expansionsgesetz angenommen, so drückt sich y durch:

$$y = \frac{ol_1 + mol}{V}\, p$$

aus, und es schreibt sich alsdann:

$$A = \int\limits_{mol}^{ol_1+mol} p\,.\,dV + \int\limits_{ol_1+mol}^{OL+m_1OL+\mathfrak{B}+mol} p\,(ol_1 + mol)\,\frac{dV}{V} - OLr$$

$$= p\,.\,ol_1 + (ol_1 + mol)\,p\,\mathrm{lnt}\,\frac{OL + m_1 OL + \mathfrak{B} + mol}{ol_1 + mol} - OLr$$

$$= pol_1 \left\{ 1 + \left(1 + m\frac{ol}{ol_1}\right)\mathrm{lnt}\left[\frac{\frac{OL}{ol_1}(1+m_1) + \frac{\mathfrak{B}}{ol_1} + m\frac{ol}{ol_1}}{1 + m\frac{ol}{ol_1}}\right] - \frac{OL}{ol_1}\,\frac{r}{p}\right\}.$$

Die Hub-Arbeit A in Kilogrammetern verhält sich aber zu der Secunden-Arbeit 75 N in Kilogrammetern, wie der Weg pro Hub zum Wege pro Secunde. Es ist also:

$$\frac{A}{75\,.\,N} = \frac{l}{v}$$

und mithin

$$75N = opv \left\{ \frac{l_1}{l} + \left(\frac{l_1}{l} + m\right)\mathrm{lnt}\left[\frac{\frac{OL}{ol_1}(1+m_1) + \frac{\mathfrak{B}}{ol_1} + m\frac{ol}{ol_1}}{1 + m\frac{ol}{ol_1}}\right] - \frac{OL}{ol}\,\frac{r}{p}\right\},$$

wie

$$\mathrm{op} = \frac{75\,.\,N}{v\left\{\varepsilon\left(\frac{L}{l}\right)+\left[\varepsilon\left(\frac{L}{l}\right)+m\left(\frac{O}{o}\right)\right]\ln t\left[\frac{\varepsilon^2(1+m_1)+\frac{\mathfrak{V}}{OL}+m\frac{ol}{OL}}{\varepsilon+m\frac{ol}{OL}}\right]-\left(\frac{L}{l}\right)\frac{r}{p}\right\}\left(\frac{O}{o}\right)}.$$

Diese Formel ist allerdings nicht streng richtig. Es liegt ihr vielmehr stillschweigend die Voraussetzung zu Grunde, der ganze Raum, bis zu welchem der Dampf sich schlüßlich ausdehnt, also der Raum $(OL + m_1 OL + \mathfrak{V} + mol)$ sei vor Uebertritt des Dampfes vom kleinen in den großen Cylinder vollkommen leer, während genau genommen der Raum $m_1 OL$ Dampf von der Condensatorspannung, der Raum $\mathfrak{V}$ solchen von der Spannung, wie sie am Ende des Kolbenlaufes im großen Cylinder herrscht, und der Raum mol solchen von der Spannung, wie sie am Ende des Kolbenlaufes im kleinen Cylinder stattfindet, enthält. Indessen hat die Vernachlässigung dieser Umstände weiter keine Wirkung, als daß der Einfluß des schädlichen Raumes etwas zu stark durch die Endformel in Rechnung gezogen wird, und man braucht daher, um den hierdurch entstehenden Fehler zu corrigiren, nur einen etwas kleineren, als den wirklich vorhandenen schädlichen Raum in die Formel einzuführen.

Dieser Umstand kann sogar benutzt werden, um die Formel vorzüglich für vorliegenden Zweck noch wesentlich zu vereinfachen, indem man nämlich die Werthe $m\left(\frac{o}{O}\right)$, welche, da $\left(\frac{O}{o}\right)$ für gewöhnlich zu $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ angenommen und hier sich zu etwa $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ ergeben wird, sehr klein sind, vollständig der Null gleich setzt.

Es wird alsdann:

$$\mathrm{op} = \frac{75\,.\,N}{v\varepsilon\left(\frac{L}{l}\right)\left\{1+\ln t\frac{\varepsilon^2(1+m_1)+\frac{\mathfrak{V}}{OL}}{\varepsilon}-\frac{r}{p}\right\}\left(\frac{O}{o}\right)} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

In dieser Formel sind aber bezüglich der hier vorgesteckten Aufgabe sämmtliche Größen, außer $\left(\frac{O}{o}\right)$, als constant zu betrachten. Denn N, p und ε sind es, zufolge der früher bereits angestellten Erörterungen, die Verhältnißzahlen m_1 und $\frac{\mathfrak{V}}{OL}$ sind es selbstverständlich, und auch der Gegendruck r und die Geschwindigkeit v sind es, weil dieselben zu $\left(\frac{O}{o}\right)$ in gar keiner Beziehung stehen.

Man kann daher für die späteren Rechnungen kurz schreiben:

$$\mathrm{op} = \frac{C}{\left(\frac{O}{o}\right)},$$

und unter C eine constante, von $\left(\frac{O}{o}\right)$ vollständig unabhängige Größe verstehen.

Nach Einführung dieses Werthes wird Formel (2)

$$\varDelta = C\left\{\left(\frac{O}{o}\right)(1-m)+\frac{m-2\varepsilon\left(\frac{L}{l}\right)}{1+m}+\frac{\mathfrak{V}\left(\frac{L}{l}\right)}{1+m}\left(\frac{O}{o}\right)+\frac{\varepsilon+m\left(\frac{l}{L}\right)\left(\frac{o}{O}\right)-\varepsilon\left(\frac{O}{o}\right)-m\left(\frac{l}{L}\right)}{\left(1+\frac{\mathfrak{V}}{OL}+m_1\right)\left(\frac{O}{o}\right)+m\left(\frac{l}{L}\right)}\right\}. \quad (4)$$

Hiervon nun der Differentialquotient $\frac{d\varDelta}{d\left(\frac{O}{o}\right)}$ hergestellt und Null gesetzt, so entsteht:

$$\text{Null} = -(1-m)\left(\frac{o}{O}\right)^2 +$$

$$+\frac{\varepsilon\left(\frac{L}{l}\right)}{1+m}-\frac{\varepsilon+m\left(\frac{l}{L}\right)\left(\frac{o}{O}\right)^2}{\left(1+\frac{\mathfrak{V}}{OL}+m_1\right)\left(\frac{O}{o}\right)+m\left(\frac{L}{l}\right)}-\frac{\left[\varepsilon-m\left(\frac{l}{L}\right)+m\left(\frac{l}{L}\right)\left(\frac{o}{O}\right)-\varepsilon\left(\frac{O}{o}\right)\right]\left[1+\frac{\mathfrak{V}}{OL}+m_1\right]}{\left[\left(1+\frac{\mathfrak{V}}{OL}+m_1\right)\left(\frac{O}{o}\right)+m\left(\frac{l}{L}\right)\right]^2}$$

und nach weiterer Umformung:

$$\left(\frac{O}{o}\right)^4 + 2\,\frac{m}{\frac{L}{l}\left(1+m_1+\frac{\mathfrak{B}}{OL}\right)}\left(\frac{O}{o}\right)^3 - \left\{\frac{1+m}{\varepsilon\frac{L}{l}\left(1+m_1+\frac{\mathfrak{B}}{OL}\right)}\left[m\frac{1}{L}+\varepsilon+(1-m)\left(1+m_1+\frac{\mathfrak{B}}{OL}\right)\right]\right.$$

$$\left.+\frac{m}{\left(\frac{L}{l}\right)^2\left(1+m_1+\frac{\mathfrak{B}}{OL}\right)^2}\right\}\left(\frac{O}{o}\right)^2 - 2\,(2-m)(1+m)\left(\frac{l}{L}\right)^2\frac{m}{1+m_1+\frac{\mathfrak{B}}{OL}}\left(\frac{O}{o}\right)$$

$$-(2-m)(1+m)\,\frac{m^2}{\left(\frac{L}{l}\right)^3\left(1+m_1+\frac{\mathfrak{B}}{OL}\right)^2} = \text{Null}. \quad \ldots \quad (5)$$

Wird hierin vorerst $m =$ Null, $m_1 =$ Null und $\frac{\mathfrak{B}}{OL} =$ Null gesetzt, d. h. wird angenommen, schädliche Räume seien nicht vorhanden, so entsteht die einfache Formel:

$$\left(\frac{O}{o}\right) = \sqrt{\frac{1+\varepsilon}{\varepsilon\left(\frac{L}{l}\right)}}, \quad \ldots \quad (6)$$

und

$$\frac{OL}{ol} = \sqrt{\left(\frac{L}{l}\right)\left(1+\frac{1}{\varepsilon}\right)} \quad \ldots \quad (7)$$

und diese Formel liefert für $\left(\frac{L}{l}\right) = 1$, d. h. für die Annahme gleicher Cylinderlängen, wie sie dem Falle einer Maschine ohne Balancier meistens entspricht, wie für $\varepsilon = \frac{ol_1}{OL} = \frac{1}{4}$:

$$\frac{OL}{ol} = 2{,}236,$$

und für $\left(\frac{L}{l}\right) = \frac{4}{3}$, welche Annahme dem Falle einer Balanciermaschine entspricht, wie für $\varepsilon = \frac{1}{4}$:

$$\frac{OL}{ol} = 2{,}5\ldots$$

Ferner ergiebt sich für $\left(\frac{L}{l}\right) = 1$ und $\varepsilon = \frac{1}{6}$:

$$\frac{OL}{ol} = 2{,}645,$$

und für $\left(\frac{L}{l}\right) = \frac{4}{3}$, $\varepsilon = \frac{1}{6}$:

$$\frac{OL}{ol} = 3{,}05.$$

Wird endlich den thatsächlichen Verhältnissen gemäß der schädliche Raum berücksichtigt und üblichermaaßen

$m = m_1 = 0{,}05$, wie ebenfalls $\frac{\mathfrak{B}}{OL} = 0{,}05$

gesetzt, so liefert die genauere Formel (5) für $\frac{L}{l} = 1$ und $\varepsilon = \frac{1}{6}$:

$$\frac{OL}{ol} = 2{,}59.$$

Erkennt man hieraus, daß der schädliche Raum einen nennenswerthen Einfluß auf den gesuchten Betrag des fraglichen Verhältnisses nicht hat, daß er denselben um nur wenig kleiner macht, als er sonst sein müßte, so kann man unter vollständiger Vernachlässigung dieses schädlichen Raumes auf Grund der specialisirten Formeln behaupten, jener Betrag sei nur abhängig von dem Hubverhältniß der beiden Cylinder und von dem gesammten Expansionsgrade.

Die gefundenen Zahlenwerthe sagen alsdann den Ausgangspunkten unserer Rechnung gemäß aus, daß der Gleichförmigkeitsgrad einer Woolf'schen Maschine am vollkommensten ist, wenn das Volumenverhältniß beziehentlich 2,236 bis 3,05 beträgt, d. h. wenn der große Cylinder beziehentlich $2\frac{1}{2}$ bis 3mal so viel Inhalt als der kleine hat.

Daß übrigens die Rechnung ein Minimum und nicht etwa ein Maximum der Druckdifferenz Δ geliefert hat, ist bekanntlich an dem zweiten Differentialquotienten zu erkennen, welcher hier wesentlich positiv ausfällt.

Um zu sehen, wie stark die Druckdifferenz und demnach auch der Gleichförmigkeitsgrad der Maschine mit dem $\frac{OL}{ol}$ sich ändert, mögen in Formel (4), nachdem $m = m_1 = \frac{\mathfrak{B}}{OL} =$ Null gesetzt wurde, unter der Annahme $\frac{L}{l} = 1$ und $\varepsilon = \frac{1}{6}$ nach einander die Werthe 2, 2,5, 3, 4 und 5 für $\frac{O}{o}$ eingeführt werden. Es ergiebt sich hiermit:

für $\frac{O}{o} =$	2	2,5	3	4	5
$\frac{\Delta}{C} =$	0,42	0,30	0,38	0,46	0,57

und diese Zahlen sagen aus, daß die Druckdifferenz im Falle eines dem gefundenen Minimalwerthe entsprechenden 2,645-, oder nahe 2,5fachen Verhältnisses des großen zum kleinen Cylinder circa nur halb so groß, als beim 5fachen Verhältnisse ist. —

Alle diese Resultate bedürfen indessen möglicherweise noch einer Modification, da in Wirklichkeit nicht das

Mariotte'sche, wie hier angenommen wurde, sondern ein etwas davon abweichendes Gesetz die Druck- und Volumenänderungen regelt. Ganz genau genommen ändert der gesättigte Wasserdampf Druck und Volumen nach Maaßgabe der Principien der mechanischen Wärmetheorie in einer Weise, bei welcher der Umstand in Frage kommt, daß die ursprünglich, also bei Beginn der Expansion im Cylinder eingeschlossene Dampfmasse ihr Gewicht ändert, d. h. während der Expansion theilweise sich condensirt.

Schon beim Einströmen des frischen Dampfes, also während der sogenannten Volldruckperiode findet partielle Condensation statt, weil mechanische Arbeit verrichtet und hierfür eine gewisse Wärmemenge beziehentlich Dampfmenge verbraucht wird.

Später, während der Expansion hängt alsdann die Menge des entstehenden Condensationswassers von der ursprünglich im Cylinder enthaltenen, theils bei der Volldruckperiode condensirten, theils von dem frischen Dampfe übergerissenen Wassermenge ab.

Diese Umstände müßten also unter fernerer Berücksichtigung auch noch der äußeren Abkühlung und der Dampfverluste streng genommen entsprechende Würdigung finden. Indessen hat bereits Rankine und nach ihm mehrere Andere, zumal Zeuner, gezeigt, daß sich die Druckänderungen aus denen des Volumens, ebenso wie bei den permanenten Gasen, nach dem Poisson'schen, oder sogenannten potenzirten Mariotte'schen Gesetze, also durch einen Ausdruck berechnen lassen, welcher die Form

$$\frac{p_1}{p} = \left(\frac{V}{V_1}\right)^{\mu} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

hat.

Wird dieser Ausdruck auch hier angewendet, so würde zunächst Gleichung (1) auch hier volle Giltigkeit behalten, es müssen aber für q_1, p_1 und q zur Bildung von (2) andere als die früheren Werthe eingesetzt werden.

Diese Werthe können indessen, da wir bei der früheren Rechnung den Einfluß des schädlichen Raumes auf den zu suchenden Betrag bereits als geringfügig erkannt haben, ohne Berücksichtigung dieses Raumes bestimmt werden, in welchem Falle sich alsdann ergiebt:

$$q_1 = \left(\frac{ol_1}{OL}\right)^{\mu} \cdot p = \varepsilon^{\mu} \cdot p,$$

$$p_1 = q = \left(\frac{ol_1}{ol}\right)^{\mu} \cdot p = \left(\frac{ol_1}{OL} \cdot \frac{OL}{ol}\right)^{\mu} p$$
$$= \varepsilon^{\mu} \left(\frac{OL}{ol}\right)^{\mu} \cdot p.$$

Dies in Gleichung (1) eingesetzt, liefert:

$$\Delta = op \left\{ 1 - 2\,\varepsilon^{\mu} \left(\frac{L}{l}\right)^{\mu} \left(\frac{O}{o}\right)^{\mu} + \varepsilon^{\mu} \left(\frac{L}{l}\right)^{\mu} \left(\frac{O}{o}\right)^{\mu+1} + \varepsilon^{\mu} - \varepsilon^{\mu} \left(\frac{O}{o}\right) \right\}. \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Hierin ist aber o aus denselben Gründen, welche früher galten, wiederum durch die Leistung der Maschine auszudrücken, und zwar jetzt mit der Abänderung, daß auch bei Berechnung dieser Leistung das Poisson'sche Gesetz in Kraft tritt.

Demgemäß würde in die allgemeine Formel:

$$A = \int_0^{ol_1} p \,.\, dV + \int_{ol_1}^{OL} y\, dV - OLr$$

der pro Hub geäußerten Arbeit für y der Werth

$$y = \left(\frac{ol_1}{V}\right)^{\mu} \cdot p$$

zu setzen sein, wo dann entsteht:

$$A = p\, ol_1 - (ol_1)^{\mu}\, p \,.\, \frac{1}{\mu - 1} \left(\frac{1}{OL^{\mu-1}} - \frac{1}{ol_1^{\,\mu-1}}\right) - OLr$$
$$= ol_1 \cdot p \left\{ 1 - \frac{1}{\mu-1} \left[\left(\frac{ol_1}{OL}\right)^{\mu-1} - 1\right] - \frac{OL}{ol_1} \, \frac{r}{p} \right\}.$$

Die Secunden-Arbeit ist dann wiederum zufolge des Verhältnisses $\frac{A}{75\,N} = \frac{l}{v}$:

$$75\,N = opv \frac{l_1}{l} \left\{ 1 - \frac{1}{\mu-1} \left[\varepsilon^{\mu-1} - 1\right] - \frac{1}{\varepsilon}\, \frac{r}{p} \right\}$$
$$= opv\,\varepsilon\, \frac{OL}{ol} \left\{ 1 - \frac{1}{\mu-1} \left[\varepsilon^{\mu-1} - 1\right] - \frac{1}{\varepsilon}\, \frac{r}{p} \right\} = opv \frac{OL}{ol} \left\{ \left(\frac{\varepsilon\mu - \varepsilon^{\mu}}{\mu - 1}\right) - \frac{r}{p} \right\}$$

und hieraus folgt:

$$op = \frac{75\,N}{v \left(\frac{L}{l}\right) \left\{ \left[\frac{\mu\varepsilon - \varepsilon^{\mu}}{\mu - 1}\right] - \frac{r}{p} \right\} \left(\frac{O}{o}\right)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

In diesem Ausdruck sind aber ebenso, wie bei der früheren Berechnung sämmtliche Größen außer $\left(\frac{O}{o}\right)$ als constant gegen $\left(\frac{O}{o}\right)$ zu betrachten. Wir können daher kurz schreiben:

$$op = \frac{C_1}{\left(\frac{O}{o}\right)},$$

indem wir unter C_1 eine für die spätere Differentiation constant zu behandelnde Größe verstehen.

In Formel (9) eingeführt erhält man:

$$\varDelta = C_1 \left\{ \left(\frac{o}{O}\right) - 2\varepsilon^\mu \left(\frac{L}{l}\right)^\mu \left(\frac{O}{o}\right)^{\mu-1} + \varepsilon^\mu \left(\frac{L}{l}\right)^\mu \left(\frac{O}{o}\right)^\mu + \varepsilon^\mu \left(\frac{o}{O}\right) - \varepsilon^\mu \right\}$$

und hiervon den Differentialquotienten $\frac{d\varDelta}{d\left(\frac{O}{o}\right)}$ hergestellt und der Null gleichgesetzt, giebt:

$$\text{Null} = -(1+\varepsilon^\mu)\left(\frac{o}{O}\right)^2 - 2(\mu-1)\,\varepsilon^\mu \left(\frac{L}{l}\right)^\mu \left(\frac{O}{o}\right)^{\mu-2} + \mu\,\varepsilon^\mu \left(\frac{L}{l}\right)^\mu \left(\frac{O}{o}\right)^{\mu-1}$$

$$= -\left[1+\left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^\mu\right]\left(\frac{l}{L}\right)^\mu - 2(\mu-1)\left(\frac{O}{o}\right)^\mu + \mu\left(\frac{O}{o}\right)^{\mu+1}, \quad \ldots \quad (11)$$

oder auch:

$$\frac{OL}{ol} = \sqrt[\mu]{\frac{1+\left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^\mu}{2+\mu\left(\frac{O}{o}-2\right)}} \quad \ldots \quad (12)$$

Wird hierin $\mu = 1$ gesetzt, so muß die früher unter Anwendung des Mariotte'schen Gesetzes erhaltene Formel (6) entstehen, was in der That der Fall ist.

In Wahrheit aber wird der Exponent μ, welcher für atmosphärische Luft den bekannten Werth 1,41 hat, von Rankine zu 1,111 angegeben, und Zeuner, welcher denselben genauer ermittelt und ihn zumal von dem Umstande abhängig gefunden hat, ob die ursprünglich im Cylinder eingeschlossene Masse nur aus Dampf oder aus einem Gemisch von Dampf und Wasser besteht, giebt auf Seite 342 der 2. Auflage seiner „Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie" die Zahlen an:

für 100 Gewichts-Procent Dampf des Gemisches ist $\mu = 1{,}135$,
„ 90 „ „ „ „ „ „ „ $= 1{,}125$,
„ 80 „ „ „ „ „ „ „ $= 1{,}115$,
„ 70 „ „ „ „ „ „ „ $= 1{,}103$,

Wird von diesen Werthen der größte genommen, oder rund $\mu = 1{,}14$ gesetzt, welcher Werth übrigens, nebenbei bemerkt, mit einer Angabe Grashof's übereinstimmen würde, so fallen die Beträge von $\left(\frac{OL}{ol}\right)$ doch nur ganz unbedeutend anders, nur ganz wenig größer, als die früheren aus, so wenig, daß bei dem mit vorliegender Formel einzuschlagenden probirenden Rechnungsverfahren der Unterschied kaum merklich wird.

Da nun diese Beträge durch Berücksichtigung des schädlichen Raumes, wie wir früher gesehen haben, etwas kleiner, als bei Vernachlässigung desselben werden würden, so können wir um so mehr bei den früher ermittelten Zahlenwerthen stehen bleiben.

Die Summe der hier angestellten Erörterungen läßt sich daher in folgenden Aussprüchen zusammenfassen:

Der Gleichförmigkeitsgrad einer Woolf'schen Maschine hängt unter sonst gleichen Umständen von dem Volumenverhältniß beider Cylinder ab; für einen bestimmten Betrag dieses Verhältnisses ist jener Grad am größten.

Dieser Betrag läßt sich genau genug nach der einfachen Formel (7), nämlich:

$$\frac{OL}{ol} = \sqrt{\left(\frac{L}{l}\right)\left(1+\frac{1}{\varepsilon}\right)}$$

berechnen, indem sowohl die Anwendung eines richtigeren Expansionsgesetzes, als es dieser Formel zu Grunde liegt, wie die Berücksichtigung des in dieser Formel unterdrückten Einflusses der schädlichen Räume, eine nur geringe Abweichung zur Folge hat, und noch dazu diese Abweichung für beide Einflüsse nach entgegengesetzter Richtung läuft.

Nach dieser Formel ist der vortheilhafteste Betrag des beredeten Volumenverhältnisses nur abhängig von dem Hubverhältnisse der beiden Cylinder und vom gesammten Expansionsgrade.

Wird ε_1 der Expansionsgrad des kleinen Cylinders genannt, so schreibt sich:

$$\varepsilon_1 = \frac{l_1}{l} = \frac{o l_1}{o l} \cdot \frac{O L}{O L} = \varepsilon \cdot \frac{O L}{o l}$$

und wird dieser Werth in obige Formel (7) eingeführt, so ist:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\left(\frac{L}{l}\right) \varepsilon (1 + \varepsilon)}.$$

Dieser Formel liegt alsdann die Bedeutung unter, daß, im Falle eine Woolf'sche Maschine für eine bestimmte Leistung und für einen bestimmten totalen Expansionsgrad ε construirt werden soll, der Gleichförmigkeitsgrad größer, oder bei einem bestimmten Gleichförmigkeitsgrade das Schwungradgewicht kleiner ausfällt, wenn schon im kleinen Cylinder mit dem Grade ε_1 expandirt, als wenn keine Expansion darin vorgenommen und der große Cylinder dem Werthe ε entsprechend voluminöser hergestellt wird.

Wenn daher kein anderer Umstand, als der, einen möglichst gleichförmigen Gang zu erzielen, oder auch mit andern Worten, als derjenige, einen gewissen Gleichförmigkeitsgrad mit einem möglichst leichten Schwungrade zu erreichen, die Anordnung zweier Cylinder und die Wahl des Volumenverhältnisses dieser Cylinder bedingt, so sollte, indem unter Wahrung eines einmal zweckmäßig erschienenen Gesammt-Expansionsgrades im kleinen Cylinder stärker, als sonst, expandirt wird, dieses Volumenverhältniß nach obiger Formel (7) bestimmt, also im Mittel nur zu 2 bis 3, nicht aber, wie es jetzt üblich ist, zu 4 bis 5 angenommen werden.

Hieran knüpft sich schlüßlich aber eine noch weitere Erwägung. Es wurde bisher vorausgesetzt, in der Praxis würde die Construction einer Woolf'schen Maschine unter Annahme eines gewissen, wegen Herbeiführung des sogenannten vortheilhaftesten Güteverhältnisses oder wegen anderer Gründe als zweckmäßigst erscheinenden Gesammt-Expansionsgrades vorgenommen. Diese Voraussetzung trifft aber immer, ja sogar meistens nicht zu. Vielmehr pflegt man die Woolf'sche Maschine nicht mit einer, jenem Expansionsgrade entsprechenden Steuerung, sondern mit einer variabeln Expansionsvorrichtung zu versehen, und diese Vorrichtung so einzurichten, daß auch mit ganzer Füllung des kleinen Cylinders gearbeitet werden kann.

Alsdann aber müssen die Theile und Organe der Maschine, deren Dimensionen von den Druckverhältnissen bedingt sind, nach der dieser ganzen Füllung entsprechenden Leistung der Maschine construirt werden, da sie die größte unter allen andern ist; und ebenso muß auch das Schwungradgewicht, mit welchem ein gewisser Gleichförmigkeitsgrad erzielt werden soll, dieser der ganzen Füllung entsprechenden, also größten Leistung angepaßt werden.

Das Gewicht eines Schwungrades muß für einen bestimmten Gleichförmigkeitsgrad allerdings um so größer hergestellt werden, je stärker der Expansionsgrad ist, es wächst aber ebenfalls und zwar im stärkeren Verhältnisse mit der Leistung, so daß es für eine und dieselbe Maschine nicht für den stärksten Expansionsgrad, sondern für die stärkste Leistung am größten auszufallen hat. Will man daher mit dem möglichst gewichtslosen Schwungrade bei einer solchen, für variable Expansion eingerichteten Maschine ausreichen, so muß man das mehrbesprochene Volumenverhältniß der beiden Cylinder nicht nach dem zweckmäßigsten Expansionsgrade einrichten, sondern nach demjenigen, welcher der ganzen Füllung des kleinen Cylinders entspricht.

Dieser Expansionsgrad ist

$$\varepsilon_2 = \frac{o l}{O L}.$$

Mithin ergiebt sich das günstigste Volumenverhältniß, indem man in Formel (7) $\varepsilon = \varepsilon_2 = \frac{o l}{O L}$ setzt, also zu:

$$\frac{O L}{o l} = \sqrt{\frac{L}{l}\left(1 + \frac{O L}{o l}\right)}$$

oder

$$\frac{O L}{o l} = \frac{1}{2}\frac{L}{l} \pm \sqrt{\frac{L}{l}\left(1 + \frac{1}{4}\frac{L}{l}\right)},$$

und diese Formel liefert:

$$\text{für } \frac{L}{l} = 1 \qquad \frac{O L}{o l} = 1{,}67,$$

$$\text{für } \frac{L}{l} = \frac{4}{3} \qquad \frac{O L}{o l} = 2.$$

Es kann daher der Ausspruch gethan werden, **daß es** für eine Woolf'sche Maschine, welche mit **variabler Expansion** und mit ganzer Füllung des **kleinen Cylinders** arbeiten soll, zu Erreichung eines gewissen **Gleichförmigkeitsgrades**, oder zu Abminderung des für einen **bestimmten** Gleichförmigkeitsgrad erforderlichen **Schwungradgewichtes** zweckmäßiger sei, das Volumenverhältniß der **Cylinder, statt es**, wie üblich, 4 bis 5, nicht nur 2 bis 3, **sondern sogar** nur 1,6 bis 2 zu wählen.

Accumulatoren und deren Benutzung für hydraulische Pressen.

Von

F. Engel, in London.

(Hierzu Fig. 1 auf Tafel 27.)

Als Sir William Armstrong vor zwanzig Jahren seinen ersten hydraulischen Krahn in Newcastle errichtete, und später seine hydraulischen Maschinen in Liverpool und den neuen Docks zu Grimsby einführte, stellte sich seiner Erfindung in der nöthigen Errichtung von Thürmen, die er zur Erlangung des erforderlichen Wasserdruckes bedurfte, eine große Schwierigkeit entgegen. Daß diese Anlagen in den meisten Fällen zu kostbillig sein würden, um seinen hydraulischen Maschinen Eingang zu schaffen, erkannte Sir William sofort, und es gelang ihm, aber erst 1851*), durch Erfindung des Accumulators die getroffene Schwierigkeit zu umgehen.

Der Accumulator ist ein Apparat, welcher durch künstliche Belastung des Wassers, statt wie bisher durch eine hohe Wassersäule, Kraft liefert. Die ersten Accumulatoren bestanden aus einem gußeisernen Cylinder, in dem sich ein Plungerkolben bewegte, der durch Gewichte belastet war, um Druck gegen das in den Cylinder durch die Dampfmaschine eingepumpte Wasser zu liefern. Das Wasser, welches sich sonach unter der Pressung des darauf ruhenden Gewichtes befand, wurde zum Arbeiten der hydraulischen Maschinen verwandt. Der Cylinder muß groß genug sein, und die Belastung des Kolbens genügen, um die größte Quantität Wasser unter dem verlangten Drucke zu liefern, die auf ein Mal zur Bewegung aller mit ihm verbundenen Maschinen nöthig ist.

In vielen Fällen genügt zum Füllen des Accumulators eine Handpumpe. So wird z. B. durch anhaltendes Arbeiten eines Mannes hinreichende Kraft gesammelt, um die Drehbrücken in Wisbach von 450 Tons Gewicht so oft als nöthig zu öffnen und zu schließen. Eine Zugbrücke in Carmathen auf der Hauptlinie der South-Wales-Eisenbahn wird gleichfalls von einem Accumulator bewegt, der durch eine Handpumpe gespeist wird. Eine treffliche Verwendung des Accumulators liegt bei dem Ruhrorter Traject vor, wo zwei Kohlenwagen von über 200 Ctr. Gewicht in 10 bis 12 Secunden vom Deck des Schiffes auf das Schienengleis, d. i. auf eine Höhe von nahe 20 Fuß gehoben werden.

Ein großer Vortheil der Accumulatoren im Allgemeinen besteht in Vermeidung des Zeitverlustes, der durch das langsame Wirken der Druckpumpen herbeigeführt wird, und deswegen hat sich neuerdings auch ihre Verwendung bei hydraulischen Pressen als sehr praktisch erwiesen.

Bei den bisherigen hydraulischen Pressen arbeitet die Pumpe nur, während der Kolben des Preßcylinders bewegt werden soll; und befindet sich in Ruhe während des Entleerens des Preßcylinders sowohl, als auch während der Aufenthalte, die bis zur Erneuerung der nützlichen Bewegung des Preßkolbens erforderlich sind. Durch die Accumulatoren läßt sich ein constantes Arbeiten der Pumpe ermöglichen, sowohl während des Stillstandes, als auch während der Bewegung des Preßkolbens. Es hat somit auch die Verwendung der Accumulatoren auf die Dimensionen der Druckpumpe einen vortheilhaften Einfluß. Die von der Pumpe geleistete Arbeit wird im Accumulator gesammelt, um für sofortige Benutzung bereit zu sein. Hydraulische Pressen, welche zur Herstellung einer Reihe gleichförmiger Producte bestimmt sind, und somit für jeden Hub des Preßkolbens nahezu dieselbe Arbeit erfordern, sind besonders geeignet, mit Accumulatoren versehen zu werden. Schreiber hat Letztere bei Pressen in Anwendung gebracht, welche zur Anfertigung von künstlichen Steinen bestimmt waren, und wozu ein Druck von 1000 Pfund pro Qu.-Zoll verlangt ward. Auch für hydraulische Oelpressen haben sich die Accumulatoren vortrefflich bewährt.

Oft ist es für den gleichmäßigen Betrieb vortheilhaft, die Accumulatoren paarweise zu benutzen und dieselben abwechselnd von der Pumpe füllen zu lassen; auch eine Combination zweier, verschieden belasteter Accumulatoren kann

*) Herr Prof. Rühlmann giebt in einem sehr interessanten, denselben Gegenstand behandelnden Aufsatze in den „Mittheilungen des Gewerbe-Vereines für das Königreich Hannover auf 1864" 1843 als das Jahr der Erfindung der Accumulatoren an. D. Red.

sehr günstig sein, indem man den letzten Theil des Weges, welchen der Preßkolben zurücklegen soll, und auf welchem meist der größte Widerstand zu überwinden ist, durch den stärkeren Accumulator vollenden läßt.

Fig. 1 auf Taf. 27 veranschaulicht die einfachste Construction eines Accumulators. Es ist A ein gußeiserner Cylinder, B der Plungerkolben, woran das Gewicht C hängt, welches den nöthigen Druck auf die in den Cylinder eingepumpte Flüssigkeit ausüben soll. Dies Gewicht C muß zu dem Querschnitt des Accumulatorkolbens B in demselben Verhältniß stehen, wie der größte erforderliche Druck der Flüssigkeit im Preßcylinder zum Querschnitt des Letzteren. Mit anderen Worten: das Gewicht an der Kolbenstange des Accumulators muß pro Quadratzoll Querschnitt des zugehörigen Cylinders die gleiche Größe repräsentiren, wie der Druck, welcher pro Quadratzoll Querschnitt des Preßkolbens nöthig ist, um den größten gegen denselben ausgeübten Widerstand zu überwinden. Die Flüssigkeit im Accumulator wird dann die Spannung erhalten, welche im Preßcylinder zur Verrichtung der nöthigen Arbeit verlangt wird.

Schlüßlich möge noch bemerkt werden, daß für manche, namentlich kleinere Pressen andere Flüssigkeiten, als Wasser, zum Füllen des Accumulators mit Vortheil benutzt werden können, und giebt Schreiber in den meisten Fällen dem Oel den Vorzug.

Vergleichung verschiedener Systeme von beweglichen Wehren.

Von

de Lagrené, Straßen- und Wasserbauingenieur in Paris.

(Hierzu Tafel 27 bis 29.)

Man sieht gegenwärtig in Frankreich nahe nebeneinander sehr verschiedene Arten von Wehren ausführen; an der Seine unterhalb Paris baut man z. B. ein Poirée'sches Wehr, oberhalb Paris ein Wehr mit beweglichen Laden nach Chanoine's Construction, an der Marne endlich hat man die an der obern Seine angewendeten beweglichen Wehre mit Hinzufügung der von Desfontaines im Jahre 1846 erfundenen Trommeln angenommen; es erscheint daher nicht überflüssig, diese verschiedenen Systeme untereinander zu vergleichen.

Die ersterwähnte Construction, welche im Jahre 1833 von Poirée angegeben worden ist, ist in den Annales des ponts et chaussées, Jahrg. 1839, S. 238 und Jahrg. 1851, S. 133 ausführlich beschrieben und wiederholt an der Yonne, der untern Seine, der kleinen Seine, der Oise, dem Cher, der Maas in Belgien, dem Ebro u. s. w. angewendet worden.

Vielleicht ist das zweite System minder allgemein bekannt, obgleich es bereits 1855 am Wehre von Conflans angewendet worden ist. Die soeben vollendeten zwölf Wehre an der obern Seine zwischen Paris und Montereau und die noch in Bau begriffenen Wehre an der Yonne, deren Beschreibung im letzten Hefte des Jahrg. 1861 der Annales gegeben ist, sind Beispiele davon.

Das dritte System dürfte nur der kleinen Zahl von Ingenieurs bekannt sein, welche die Wehre der Marne gesehen haben, wir werden dasselbe also etwas genauer beschreiben müssen.*)

Nadelwehre. (Tafel 29.)

Ein Nadelwehr besteht der Hauptsache nach aus einem Verschuß von nebeneinanderstehenden Hölzern, welche sich mit dem untern Ende gegen eine Schlagschwelle am Boden und oben gegen horizontale Stangen lehnen, welche ungefähr in der Höhe des Wehrspiegels angebracht sind und von verticalen, unter sich verbundenen und einen Steg tragenden Böcken getragen werden.**) Soll dieses Wehr verschwinden, so werden die Nadeln und der Steg, sowie die Stangen auf irgend eine Weise hinweggeräumt, während die Böckchen sich um ihre Drehaxe am untern Ende umlegen und eins nach dem andern in eine am Boden ausgesparte Rinne versinken.

Das älteste Nadelwehr ist dasjenige zu Basseville an der Yonne, welches im J. 1834 von Poirée und Chanoine erbaut wurde; es hat 1,5 Meter hohe Böcke in 1 Meter Abstand von einander. Nach diesem folgte dem

*) Eine gute Beschreibung dieser Construction hat Herr Wiebenfeld im XV. Jahrg. der „Zeitschrift für Bauwesen" geliefert. D. Red.

**) Der Vollständigkeit halber und um die Vergleichung zu erleichtern, geben wir auf Taf. 29 in Fig. 1—6 die Zeichnungen eines solchen Wehres nach den oben angegebenen Quellen. D. Red.

Alter nach das Wehr von Décise in der Loire, im J. 1836 erbaut, mit 1,8 Meter hohen Böcken in 1 Meter Abstand, das im J. 1837 erbaute Wehr von Epineau in der Yonne mit 2,13 Meter hohen Böcken, und das im J. 1841 in der Seine bei Morue aufgestellte Wehr mit 2,04 Meter hohen Böcken in 1 Meter Abstand, welche sämmtlich unter der unmittelbaren Leitung Poirée's ausgeführt worden sind.

Bei den später erbauten Nadelwehren hat man stets die Höhe der Böckchen zu vermehren getrachtet; so besitzen bei den in den Jahren 1838 bis 1842 in der Yonne erbauten Wehren die Böcke 2,15 bis 2,25 Meter Höhe, bei dem Wehr von Courbeton in der kleinen Seine 2,45 Meter, endlich bei den Wehren der Unter-Seine 3,3 Meter Höhe. Da alle Wehre ein Hinderniß für die Schifffahrt bilden, so mußte man auch naturgemäß danach trachten, die Zahl dieser Wehre soviel wie möglich einzuschränken, oder mit andern Worten, sie so hoch als zulässig herzustellen. Man erkannte jedoch, daß man sich bei 3 Meter Höhe der äußersten Grenze näherte, welche für Nadelwehre ohne Nachtheile herstellbar war, und die Herren Chanoine und Desfontaines sind dieserhalb bemüht gewesen, Constructionen anzugeben, welche für 3 und noch mehr Meter Wehrhöhe anwendbar sind, wie wir noch weiter sehen werden.

Es ist nicht zu vermeiden, daß bei plötzlichen Hochwassern, oder selbst durch eine blose Schleusenkammerentleerung die Stege solcher Wehre mitunter überfluthet werden, ehe man im Stande ist, die Nadeln wegzunehmen, und es können dadurch in der That große Nachtheile sowohl für das Wehr, als für die Schifffahrt oder für die anliegenden Ufer entstehen. Zur Verminderung dieser Gefahr hat man neben der Schleuse mitunter ein festes Ueberfallwehr angebracht; bei dem Wehre von Épineau, dessen Schleuse 70 Meter lang ist und mit der Sohle 0,4 Meter unter dem Sommerwasserstande liegt, hat Poirée z. B. ein gemauertes Wehr von 123 Meter Länge angebracht, dessen Krone 0,07 Meter unter dem Wehrspiegel liegt, und bei dem Wehre von Bezons, welches eine freie Durchfahrt von 48,3 Meter Länge, deren Sohle 0,8 Meter unter dem Niedrigwasserstande liegt, und eine erhöhte Durchfahrt von 47,2 Meter Länge, deren Sohle 0,4 Meter unter dem Niedrigwasserstande liegt, besitzt, ist ein festes Wehr von 430 Meter Länge beigegeben, dessen Krone 0,4 Meter unter dem Wehrspiegel liegt. Allein derartige Wehre werden sehr kostspielig und können bei bedeutenderen Anstauungen für den raschen Abfluß der Fluthwasser nachtheilig werden, bieten auch überdies noch nicht einmal eine genügende Bürgschaft dafür, daß nicht trotzdem noch Ueberfluthungen der Nadeln und Böcke vorkommen.

Um die Gefahr der Ueberschwemmung zu beseitigen und auch um die Schleusenschifffahrt zu erleichtern, hat man die Stangen, an welche sich die Nadeln anlegen, so construirt, daß der Schleusenwärter sie leichter von ihren Stützpunkten entfernen kann. Es werden dann die Nadeln jeder Oeffnung nach und nach in dem Maaße, wie der Schleusenwärter die Stützen befreit, vom Strome mit fortgerissen, weil sie aber an Leinen angehangen sind, so sind sie unterhalb des Wehres leicht wieder zu erhalten.

Bei den Wehren in der Yonne besteht die Ausrückvorrichtung in einem Excentric, wie es schon im J. 1842 an dem Wehre von Saint-Martin angewendet wurde, und man kann damit in 15 Minuten einen Durchlaß von 40 Meter Länge öffnen, während bei der ursprünglichen Einrichtung eine Stunde Zeit hierzu erforderlich war. (Vergl. Annales des ponts et chauss., S. 241.) Auch an der Seine, bei dem Wehre von la Morue hat man ein anderes Ausrücksystem nach Poirée's Angabe angewendet.

An der Maas endlich in Belgien stützen sich die Stangen, an welche die Nadeln anlehnen, gegen Säulchen an den Böcken, welche umgeschlagen werden können. Es verschwinden dann die Säulchen und Nadeln, während die Böcke stehen bleiben. Bei dieser belgischen Construction muß das obere Ende der Nadeln etwas unter dem Stege, welcher wie bei dem Cher-Wehr aus Blech besteht, liegen, damit die Nadeln darunter entweichen können; hiermit sind aber begreiflicherweise wieder andere Unzuträglichkeiten verbunden.

Die beste Ausrückvorrichtung, welche man bis jetzt versucht hat, scheint diejenige zu sein, welche der Conducteur Salmon bei dem Kettenwehr in der Yonne angegeben hat.

Mit Hilfe der besprochenen Ausrückvorrichtungen hat man das Abnehmen der Nadeln per Hand erspart, hat die Letzteren also stärker machen und überhaupt höhere Nadelwehre anwenden können, während man vorher die Höhe von 2 Metern nicht wohl überschreiten konnte.

Vergegenwärtigen wir uns noch kurz, in welcher Weise ein Nadelwehr mit Ausrückvorrichtung, aber ohne festen Ueberfall, gehandhabt wird.

Ist das Wehr aufgestellt und kleines Wasser vorhanden, so kann man die Wasserverluste durch die Fugen der Nadeln durch Einstopfen von Moos von oben vermindern. Kommt nun ein Regen, welcher eine Anschwellung bewirken könnte, so macht der Schleusenwärter in dem von der Schleuse entferntesten Theile des Wehres eine hinreichende Zahl von Oeffnungen auf, indem er in den verschiedenen Abtheilungen einzelne Nadeln herauszieht. Nimmt das Wasser wieder ab, so werden diese Nadeln allmälig wieder eingesteckt. Kommt aber die Zeit der Regenfluthen, so bereitet der Wärter das Wehr zum Umlegen vor, indem er die Leinen in jede Gruppe von noch stehenden Nadeln einzieht und in der gewöhnlichen Weise am Ufer befestigt, und sobald der Fall des Wehres bis zu einer vorher bestimmten Höhe reducirt ist, löst er die Ausrückvorrichtung aus und

legt die Böcke, einen nach dem andern um, wobei er wohl darauf zu achten hat, daß jeder gut am Boden liegt und nicht über das Wehr hervorragt. Dieselbe Manipulation ist an Flüssen mit Schleusenschifffahrt vorzunehmen, sobald eine Schleusenkammerfüllung anlangt. Sobald sich Eis zu bilden anfängt, müssen die Böcke liegen bleiben. Ist das Wehr niedergeschlagen, so kann der Wärter mit Muße die Nadeln auffangen, welche dann an einem Taue stromabwärts hängen.

Ist die Zeit der Fluthen vorbei, so legt der Wärter die Nadeln an den Ufermauern zurecht und bereitet sich zur Wiederaufstellung des Wehres vor. Dies geschieht, wenn der Wasserstand bis auf einen vorher bestimmten Punkt gesunken ist. Der Wärter richtet erst sämmtliche Böcke, oder blos einen Theil davon auf, stellt einige Nadeln in Zwischenräumen dagegen und vermehrt nach und nach deren Zahl, bis das richtige Niveau erreicht ist.

Wir kommen nun zu den Nachtheilen der Nadelwehre.

Offenbar sind die Nadelwehre an sich sehr einfache Baue, bei denen durch beliebiges Einstellen oder Herausziehen von einzelnen Nadeln der Wehrspiegel regulirt werden kann, vorausgesetzt, daß das Einstellen und Herausziehen dieser Nadeln ungefährlich und ohne zu große Schwierigkeiten ausführbar ist. Aber freilich, diese Voraussetzung scheint uns selbst bei geringen Aufstauungen nur theilweise und bei bedeutenderen Stauhöhen gar nicht mehr erfüllt zu sein und wir müssen das näher untersuchen.

Sobald die Nadeln mehr als 2,5 Meter Länge haben, so wird schon ihr Transport aus den Aufbewahrungsräumen nach dem Orte der Verwendung ziemlich lästig [die Nadeln des Wehres von Bezons sind 4 Meter lang und 8 Centimeter im Quadrat stark*)], ihre Aufstellung wird schwierig und gefährlich, sowohl wegen ihrer Länge und Stärke, als wegen der Tiefe und Gewalt des Wasserstromes. Trifft der Wärter mit der Nadel nicht sogleich die Schwelle, gegen die sie sich stützt, so kann er durch sie fortgerissen werden; ist die Geschwindigkeit stark, so ist das Herausheben der Nadeln mit bloser Hand nicht mehr möglich und man muß zu den Ausrückvorrichtungen für die Stangen, an welche die Nadeln sich lehnen, greifen oder Winden dazu verwenden. Bei allen diesen Manipulationen mit den Nadeln muß der Wärter auf einem schmalen Stege, über reißendem Wasser arbeiten, ohne Rücksicht auf Witterung und Tageszeit; sein Dienst gehört also jedenfalls zu den gefährlicheren.

Auch brauchen derartige Wehre, mindestens zu gewissen Jahreszeiten und an gewissen Flüssen, eine aufmerksame Bedienung, da die geringste Unaufmerksamkeit ein Ueberschwemmen des Wehres und die damit zusammenhängenden argen Nachtheile zur Folge haben kann.

Sobald Nadeln aus einem derartigen Wehre herausgenommen werden, zieht sich der Strom nach den ganz offenen oder rechenförmig geöffneten Abtheilungen, und wenn diese nicht weit von der Schleuse entfernt sind, so können die Schiffe die Einfahrt verfehlen und nach dem Wehre hingerissen werden.

Durch das Herausnehmen von Nadeln werden, selbst wenn nur rechenartige Unterbrechungen hergestellt werden, mit der Zeit unterhalb des Wehres auch Auswaschungen bewirkt, was um so leichter eintreten wird, wenn man eine gewisse Zahl von Abtheilungen ganz öffnet.

Wenn man einen Bock umlegt, so untersucht man nach einem Merkmal an der Kette, ob er richtig auf dem Boden aufliegt, und dies hat weiter keine Schwierigkeiten, so lange die Wassertiefe keine bedeutende ist, wenn letztere aber 2 Meter übertrifft, so ist diese Untersuchung sehr schwierig und oft blos illusorisch. Uebrigens liegen die Böcke, selbst wenn sie richtig umgelegt sind, vollkommen frei und können, ebenso wie ihre Ketten, von einem Kahne oder von einem Klotze gestreift werden.

Die Nachtheile der Nadelwehre bestehen also:

1. in der Schwierigkeit der Einstellung und Aushebung der Nadeln bei mehr als 2,5 Meter Wehrhöhe,
2. in der Gefahr der mit der Wartung des Wehres beauftragten Person, besonders bei langen und schweren Nadeln, reißenden Strömen und hoher Anspannung,
3. in den Auskolkungen unterhalb des Wehres, welche besonders bei hohen Wehren bedeutend sind,
4. in den starken Strömungen, welche bei den Durchfahrten hervorgerufen werden,
5. in der erforderlichen unaufhörlichen Wachsamkeit und drohenden Gefahr der Ueberschwemmung zu gewissen Zeiten,
6. in der Schwierigkeit, die Böcke, wenn sie groß sind, richtig umzulegen,
7. in der schädlichen Ausdünstung durch angeschwemmte Körper.

Bringt man neben den Nadelwehren noch feste, breite Ueberfallwehre an, so wird die Gefahr der Ueberschwemmung und der Auskolkungen wesentlich vermindert, aber die Ausgabe bedeutend erhöht. Das Handhaben der Nadeln bleibt stets schwierig und gefährlich, ist aber um so seltener nöthig, je länger das daneben stehende feste Ueberfallwehr ist.

Wir wollen nun sehen, inwieweit die Erfindung der beweglichen Klappen die Herstellung von Wehren ohne diese Mängel ermöglicht und besonders bei 3 Meter und mehr Stauhöhe über dem Boden des Durchlasses.

*) Solche Nadeln wiegen trocken 9, naß 13,33 Kilogramme pro Stück.

Wehre mit beweglichen Klappen an der oberen Seine. (Tafel 27.)

So wie wir die allmäligen Vervollkommnungen der Nadelwehre verfolgt haben, so wollen wir auch kurz die Versuche anführen, welche der jetzt angewendeten Construction dieser Wehre vorhergegangen sind.

Thénard brachte, als er den Wasserstand des Isleflusses erhöhen sollte, im Jahre 1841 die Anbringung beweglicher hölzerner Klappen von 2 Meter Breite und 1 Meter Höhe an der oberen Kante der bereits in diesem Flusse stehenden festen Ueberfallwehre in Vorschlag. Diese Laden waren mittelst Charnier an der Oberkante des feststehenden Wehres befestigt und konnten durch Drehung entweder vertical gestellt oder auf das feste Wehr heruntergeklappt werden. Dieses Umklappen erfolgte in der Richtung des Stromes, wenn man mittelst einer Stange mit Vorsprüngen die Stützen wegzog, welche die Laden aufgerichtet erhielten. Das Aufrichten erfolgte gerade gegen den Strom und war demgemäß sehr schwierig, wenn das Niveau des Wassers den Scheitel des festen Wehres überstieg.

Um dieses Aufrichten zu erleichtern, erfand Thénard das Auskunftsmittel, oberhalb des Wehres eine provisorische Stauvorrichtung mit ähnlichen Auffatzbrettern zu errichten; Letztere drehten sich ebenfalls in der Richtung ihrer längsten Seite um Charniere, welche auf der Kappe des Wehres angebracht waren, ließen sich aber in umgekehrter Richtung, nämlich in der Richtung des Stromes aufrichten. Begreiflicherweise konnte ein so complicirtes System nur bei geringen Anstauungen Anwendung finden und noch nicht als die Lösung des Problemes für starke Anstauungen gelten, wenn es auch derselben näher führte.*)

Der hauptsächlichste Vorzug der Thénard'schen Aufsätze war der, daß sie leicht und fast augenblicklich mit Hilfe einer vom Ufer aus gezogenen Stange mit Nasen umgeschlagen werden konnten. Chanoine suchte Methoden zur Erleichterung der Wiederaufrichtung und schlug im Jahre 1848 (Annales vom Jahre 1851, S. 149) die Aufstellung einer durch Böcke getragenen Laufbrücke oberhalb des Wehres vor, von welcher aus das Aufziehen der Laden mittelst einer transportabeln Winde besorgt werden sollte.**) Das so vervollkommnete System fand später bei den letzten Stauanlagen an der Marne Anwendung, es ist aber einleuchtend, daß trotz der Erleichterung durch die auf der Laufbrücke versetzbare Winde eine enorme Kraft zum Aufrichten eines an der einen Kante auf der Wehrkappe befestigten Ladens gegen den Strom erforderlich war, besonders bei den letzten aufzurichtenden Laden, und daß daher dieses System immer nur wenig Anwendung finden konnte.

Als eine weitere Vervollkommnung seiner ursprünglichen Idee befestigte Chanoine im J. 1852 die Drehungsaxe der Laden nicht mehr auf der Wehrkappe, sondern am Obertheil eines Böckchens, welches selbst um seine in das Wehr eingelassene Basis drehbar ist, und diese glückliche Idee*), welche den größten Theil des vom Strome beim Aufrichten ausgeübten Widerstandes beseitigt, hat uns eine Stauvorrichtung verschafft, von welcher an der oberen Seine, der Yonne und Marne schon zahlreich Gebrauch gemacht worden ist.

Wir wollen nun kurz eines der im Jahre 1860 auf der obern Seine zwischen Montereau und Paris erbauten Schleusenwehre beschreiben, indem wir zugleich wegen mehrerer Details auf unsere Abhandlung in den Annales vom Jahre 1861 verweisen.

Jedes derartige Wehr umfaßt (Tafel 27, Fig. 1)

1. eine große Schleuse von 12 Metern Breite und 180 Metern benutzbare Länge längs des Ufers mit dem Leinpfad,
2. einen Schiffsdurchlaß mit beweglichen Laden (Fig. 2),
3. ein Ueberfallwehr mit selbstthätigen Klappen (Fig. 3),
4. einen Pfeiler, einen Wehrkopf und andere, nicht näher interessirende accessorische Werke.

Der Schiffsdurchlaß hat die Schwelle bei 0,6 Meter unter dem Sommerwasserstande, ist 40,4 bis 54,7 Meter lang und mit 31 bis 42 drei Meter hohen und 1,2 Meter breiten Aufsätzen mit 0,1 Meter Zwischenraum versehen. Der Stau berührt die obere Kante der Letzteren, wenn sie aufgestellt sind, und erhebt sich demnach bis zu 2,4 Meter über dem Niedrigwasserstande; die Drehungsaxe der Laden liegt zwischen dem dritten Theil und der Hälfte ihrer Länge, so daß sie eine überschlagende Welle nicht umstürzen kann. Wenn sie umgelegt sind, so richtet man sie mittelst einer auf einem besondern, sich gegen den Wehrkopf oder gegen die bereits aufgerichteten Aufsätze stützenden Kahne stehende Winde auf, was für 50 Meter Breite eine Stunde Zeit in Anspruch nimmt. Um sie umzulegen und einen Durchgang zu eröffnen, dreht man zwei in den beiden Wehrköpfen befestigte Winden, welche zwei Stangen mit Vorsprüngen bewegen. Letztere rücken die Stützen am Fuße aus, so daß sie ihren Anhalt verlieren und die nicht mehr gestützten Laden von selbst auf den Rücken des Wehres zurückfallen. Das Umlegen geschieht auf 50 Meter Länge in 4 Minuten.

Das Ueberfallwehr besteht aus einem festen, bis zu 0,5 Meter über das Niedrigwasser hervorragenden Theile

*) Nach einer Mittheilung des Herrn Generalinspectors Poirée hat Herr Thénard seine Aufsatzladen und Gegenladen bei 3 Meter Breite auch zum Verschluß einer Schleuse angewendet.

**) Hierauf beziehen sich die Figuren 7—10 auf Taf. 29.

*) Herr Desfontaine hat uns mitgetheilt, daß gleichzeitig der Ingenieur Carro das Princip der Drehung um zwei parallele Axen aufgefunden habe, was wir hier der Wahrheit gemäß anführen wollen.

und selbstthätigen Aufsätzen. Es ist 60,3 bis 70,1 Meter lang und bekommt 43 bis 50 Klappen von 1,95 Meter Höhe und 1,3 Meter Breite mit 0,1 Meter breiten Zwischenräumen. Wenn Letztere aufgerichtet sind, so erhebt sich ihr oberes Ende ebenso hoch, als dasjenige der Aufsätze im Schiffsdurchlasse; ihre Drehaxe befindet sich ungefähr im Drittel ihrer Höhe, so daß sie durch einen 10 bis 15 Centimeter starken, darüber hinwegschießenden Wasserstrahl zum Umschlagen bestimmt werden. Der Ausschlagwinkel dieser Tafeln wird durch eine Spannkette begrenzt, da ihre Fähigkeit zur schnellen Rückkehr in die alte Lage von der Größe dieses Winkels abhängig ist. Regulirt man z. B. denselben so, daß die Tafel einen Winkel von 45° mit dem Horizont macht, wenn sie umgelegt ist, so fällt die Tafel von selbst wieder zurück, sobald sich der aufgestaute Wasserspiegel um 15 Centimeter unter den höchsten Stand gesenkt hat. Liegen diese Tafeln auf dem Rücken des Wehres, so werden sie ebenso wie die Klappen des Durchlasses mittelst eines Kahnes aufgerichtet, und zum Umlegen derselben kann man sich ebenfalls der Stangen mit Vorsprüngen bedienen, doch ist es einfacher, die Stützen mittelst eines Hakens umzustoßen.

Was die Behandlung eines derartigen Wehres anlangt, so wollen wir annehmen, dasselbe sei aufgestellt und der Strom im Niedrigwasserstande. Wenn das zwischen den aneinanderstehenden Klappen entweichende Wasser ein Sinken des Wehrspiegels unter seine normale Höhe zu bewirken droht, so schließt man einige von diesen Zwischenräumen mittelst eingesetzter Nadeln oder einfacher Bretter, die auf der Oberwasserseite vorgelegt werden. Wird die Wassermenge größer, so werden diese Nadeln wieder beseitigt, und wächst der Strom immer mehr, so läuft das Wehr endlich oben über. Erreicht nun die Stärke des überfallenden Strahles 10 bis 15 Centimeter, so werden ein oder zwei Klappen des Wehres von selbst umschlagen, bei weiterem Wachsen folgen andere Klappen nach, bis die Zahl der Oeffnungen groß genug geworden ist, um den Ueberfluß an Wasser abzuführen. Die übrigen Klappen, welche noch nicht umgeschlagen sind, bleiben dann stehen, da die Stärke des über das Wehr laufenden Strahles nicht zunimmt.

Denken wir uns jetzt, der Strom sei im Abnehmen, der überfallende Strahl werde immer dünner und das Wasser gehe auf den normalen Stand zurück. Da die umgeschlagenen Klappen noch nicht wieder aufgerichtet sind, so fällt der Wasserstand immer mehr, ist er, je nach dem angenommenen Ausschlagswinkel, um 8 bis 10 Centimeter unter den Normalwasserstand gefallen, so richten sich eine oder zwei Klappen von selbst wieder auf und dies geht so fort, je mehr das Wasser sinkt. Ehe es aber 15 Centimeter unter den Normalwasserstand gefallen ist, sind alle Klappen wieder aufgerichtet und das Wehr ist wieder in den anfänglichen Zustand zurückgekehrt.

Tritt ein plötzliches bedeutendes Anschwellen des Stromes ein, so genügen wenige Minuten, um mit Hilfe der Stange mit Nasen den ganzen Durchlaß zu öffnen, träte aber auch solch' eine Anschwellung bei Nacht ein und wäre der Durchlaß nicht offen, so würde das ganze Wehr von selbst umschlagen und dadurch eine genügend weite Ausflußöffnung entstehen, vorausgesetzt, daß der Durchlaß geöffnet würde. Tritt die Jahreszeit ein, wo der Strom von selbst tief genug ist, so werden die Klappen des Durchlasses und Wehres niedergelegt und der Strom wird frei gemacht.

Wenn nun die Zeit des niedrigen Wassers wiederkehrt, so wird zunächst das Wehr mit schrägen Klappen und dann der Durchlaß aufgerichtet. Während dieses Aufrichtens läuft das Wasser durch das Wehr ab, dessen Klappen erst nach dem Schlusse des Durchlasses aufgerichtet werden, und da der feste Theil des Ueberfallwehres nur bis zu 0,5 Meter über den Sommerwasserstand hinaufragt, so hat man während des Aufrichtens der Klappen des Durchlasses nur wenig mit der Strömung zu kämpfen.

Als Vortheil der beweglichen Wehre in der Ober-Seine ist anzusehen, daß bei den Manipulationen des Oeffnens oder Schließens eines derartigen Wehres die Menschenkraft nicht unmittelbar, sondern verstärkt durch Vorgelege thätig wird. Man kann also wohl annehmen, daß die Bedienung eines Wehres mit 3,5 bis 4 Meter hohen Böcken eben so leicht sein werde, als diejenige der nur 3 Meter hohen jetzigen Wehre in der Ober-Seine. Die vom Wärter auszuübende Kraft hängt lediglich von der Einrichtung des Vorgeleges ab und den übrigen Theilen des Wehres kann jederzeit die gehörige Festigkeit und eine der Stauhöhe entsprechende Einrichtung gegeben werden.

Um den Durchlaß zu öffnen, begiebt sich der Wärter auf das Ufer zu der Winde, welche die Stange mit Nasen bewegt; um ihn zu schließen, steigt er in einen Kahn von 9 Meter Länge und 2,4 Meter Breite, welcher am Ufer neben den schon aufgerichteten Klappen angehangen ist, hat sich also nirgends in eine Gefahr zu begeben.

Die Regulirung des Wasserstandes im Wehrteiche geschieht von selbst durch die Klappen des Wehres, eine vorkommende Unachtsamkeit kann also weiter keine erheblichen Nachtheile zur Folge haben.

Da nur die Klappen des Ueberfallwehres dem Strome und den Stößen der schwimmenden Körper ausgesetzt und nicht in der Nähe der Schleusen angebracht sind, so entsteht keine Gefahr, daß ein Kahn von der Strömung nach dem Wehre hin fortgerissen werden könnte, auch wird die Gelegenheit zu Auswaschungen auf die Unterseite des Ueberfalles, also eines einfachen Wehres beschränkt, welches ohne Störung der Schifffahrt leicht reparirt werden kann, und

wo selbst ein plötzliches, nicht zu ausgedehntes Loch im festen Theile das Spiel der Klappen nicht stören könnte, da diese auf einem solid in den Boden eingelassenen Gerüste stehen. Die Gefahr der Auskolkungen unterhalb eines festen Wehres läßt sich einfach durch große Steinschüttungen beseitigen; werden sie ja zerstört, so bleiben sie doch zum wenigsten außerhalb des Fahrwassers und man braucht sie blos wieder zu erneuern.

Man könnte glauben, daß die Theile der Klappen häufige und schwierige Reparaturen verursachen müßten, aber es ist dem nicht so. Es ist nämlich zu beachten, daß jede Klappe ihr Böckchen, die Zapfen, Stützen u. s. w., kurz alle feineren Theile bedeckt, wenn sie niedergelegt ist, daß sie also allein ausgesetzt ist. Nun macht sich aber die Reparatur einer Klappe und selbst eines Bockes sehr einfach, ohne die Stütze des Wehres niederzulegen, indem man gegen die beiden Nachbarklappen einen 3 Meter hohen und etwa 1,6 Meter breiten Rahmen legt, denselben auf der Oberwasserseite mit Nadeln belegt und dadurch die zu reparirende Klappe von dem Gewichte des Anschlags befreit. Man löst dann die Schrauben, welche sie an die Charnierbänder befestigen, nimmt sie ab, zieht die an den oberen Zapfen des Gestelles hängenden Charniere ab, löst die Schraube, welche den Stützbogen mit dem Gerüst verbindet, nimmt ersteren weg, schlägt den Keil heraus, welcher das Charnier in seinen doppelten Lagern hält, und hebt den Bock aus, kurz, man kann Stück für Stück wegnehmen und ohne Schwierigkeit durch parat gehaltene Reservestücken ersetzen, wozu zwei in einem Nachen unterhalb des Wehres sitzende Arbeiter ausreichen.

Ist die Stützstange defect geworden, so muß ein Taucher mit Skaphander das defecte Ende lösen und ein anderes Stück einwechseln, wozu blos drei oder sechs Schrauben unter Wasser zu lösen und wieder anzuziehen sind.

Wenn eine Klappe sich niederlegt, so drückt sie die Gewalt des Stromes fest gegen den Boden, so daß keine Gefahr dazu vorhanden ist, daß sie etwa hervorragen sollte; wäre dies aber zufällig der Fall, so hätte dies nicht viel zu sagen, weil der Boden eines darüber hingehenden Kahnes kein Hemmniß daran finden, sondern sie blos vollends niederdrücken würde. Zu Hochwasserzeiten liegen alle Klappen nieder und der feste Theil des Wehres, welcher aber noch 0,5 Meter tiefer als der Niedrigwasserspiegel liegt, kann den Abfluß nicht merklich stören.

Die Schnelligkeit der Oeffnung eines schiffbaren Durchlasses und die selbstthätige Regulirung des Staues macht diese Art von Wehren auch für Flüsse anwendbar, in denen die Schifffahrt durch Schleusen ermöglicht wird, oder wo sonst rasche Anschwellungen zu fürchten sind, kurz die Vortheile der an der Ober-Seine angewendeten Wehre scheinen uns in Folgendem zu bestehen:

1. Möglichkeit der Anwendung höherer Wehre,
2. Sicherheit und Leichtigkeit der Manipulation,
3. Selbstthätige Regulirung des Niveaus des Wehrspiegels,
4. Ableitung der Strömung in größere Entfernung vom Schleusenkopf und Canal,
5. Einschränkung der Gefahr der Auskolkungen lediglich auf die Rückseite des Ueberfallwehres,
6. Leichtigkeit und Seltenheit der Reparaturen,
7. Vermeidung von Hemmnissen gegen den Abfluß der Fluthen,
8. Brauchbarkeit für Flüsse mit Schleusenschifffahrt.

Bewegliche Wehre in der Marne. (Taf. 28.)

In der Marne sind behufs der Verbesserung der Schifffahrt zwischen Epernay und Meaux zwölf Schleusenwehre hergestellt worden, wir wollen aber hier die Beschreibung von einem der acht Wehre geben, welche in den Jahren 1863 bis 1865 erbaut worden sind, nämlich der Wehre zu Mont Saint Père, Azy, Charly, Méry, Courtaron, Saint Jean, Iles les Meldeuses und Basses Fermes nächst Meaux. Von den vier andern sind zwei Nadelwehre und die beiden andern haben eine von den erstgenannten etwas abweichende Construction.

Jedes Wehr der Marne (Tafel 28) bewirkt 2,1 Meter Stau und besteht:

1. aus einer 7,8 Meter breiten und 51 Meter langen Schleuse, längs des Ufers mit dem Leinpfad (Fig. 1),
2. aus einem Schiffsdurchlaß mit beweglichen Klappen (Fig. 2),
3. aus einem Ueberfall mit Trommelschützen (Fig. 3),
4. aus einem Pfeiler, einem Wehrkopf und andern dahin gehörigen, uns nicht näher interessirenden Bauwerken.

Jeder Schiffsdurchlaß hat 25 Meter Länge und ist mit 20 Klappen von ähnlicher Einrichtung, wie bei den Wehren der Ober-Seine versehen; jede Klappe hat 1,2 Meter Breite und 2,64 bis 3,11 Meter Höhe. Die Sohle der Durchlässe, welche früher bei 0,6 Meter unter Niedrigwasser lag, ist durch Auflegen einer 7 Centim. hohen Schwelle auf 0,53 Meter unter Niedrigwasser erhöht worden, um die Klappen besser zu schützen, wenn sie niedergelegt sind. Der Zwischenraum zwischen zwei aufeinander folgenden Klappen beträgt 0,05 Meter. Wenn sie aufgerichtet sind, liegt ihre obere Kante 5 Centim. unter dem normalen Spiegel des Staues, es fließt also dann das Wasser 5 Centimeter hoch darüber.

Oberhalb der zwanzig Klappen jedes Durchlasses hat man 20 Böckchen von 2,44 bis 2,69 Meter Höhe aufgestellt, welche in eine Rinne des Pflasters umgelegt werden können (Fig. 2). Dieselben haben den dreifachen Zweck:

1. eine Laufbrücke zu tragen bei 1,68 bis 1,93 Meter über

dem Niedrigwasserstande, auf welcher die zum Aufrichten der Klappen erforderliche Winde aufgestellt wird,

2. nach dem Schlusse der Durchfahrt eine 0,79 bis 1,02 Meter hohe Verlängerung aufzunehmen, welche einen 0,5 Meter über dem aufgestauten Wehrspiegel liegenden und die Verbindung zwischen der Schleuse und dem Pfeiler vermittelnden Steg trägt,

3. zur Noth zum Anlehnen von Nadeln zu dienen, und ein Wehr zu bilden, welches den Poiré'schen Wehren ähnelt.

Die Zerlegung der Böcke in zwei übereinanderstehende Theile gewährt den doppelten Vortheil, daß sie einmal weniger hoch ausfallen und daher zwischen dem letzten Bock und dem Pfeiler ein minder großer Zwischenraum nöthig wird, auch in dem Letzteren keine so tiefe Nische dafür ausgespart zu werden braucht, und daß es zweitens möglich ist, die erste Laufbrücke tiefer über dem Wasserspiegel zu legen, was das Anziehen der Ketten beim Aufrichten der Klappen erleichtert.

Jedes Ueberfallswehr hat eine Länge von 49,5 Meter und besteht aus einer festen und einer beweglichen Partie. Der feste Untertheil besteht aus einer mit Mauerwerk bekleideten Betonschüttung zwischen zwei 7,5 Meter von einander entfernten Reihen von Pfählen und Spundwänden, erhebt sich bis zu 1,05 Meter unter dem Oberwasserspiegel, oder bis zu 1,195 Meter über dem Niedrigwasserstande und trägt 33 bewegliche Klappen von 1,49 Meter Breite, deren obere Kante bis zu 1 Meter über dem festen Untertheil aufgerichtet werden kann. Diese von Desfontaines erfundenen und von uns mit dem Namen Trommelklappen bezeichneten Schützen sind noch nicht allgemein bekannt, verdienen also eine genauere Beschreibung, wobei uns die vom Erfinder dem im Jahre 1862 in London ausgestellten Modelle beigegebenen Notizen zur Grundlage dienen.

Desfontaines hat bei ihrer Construction die Nutzbarmachung der durch den Stau erzeugten Betriebskraft vor Augen gehabt, und zwar in der Weise, daß der Schleusenwärter dieselbe zur Ausführung der erforderlichen Manipulationen auf bequeme Weise verwenden könne. Die Lösung dieser Aufgabe scheint uns vollkommen gelungen zu sein. Der Erfinder sagt darüber Folgendes:

„Der bewegende Apparat besteht aus einer Zahl von einander unabhängiger und sich um ein horizontales Charnier in ihrer Mitte drehender Schützen. Die obere Hälfte ist die eigentliche Stauvorrichtung, die untere Hälfte, welche ich die Gegenschütze nenne, hat blos den Zweck, die erstere zu den Bewegungen zu nöthigen, welche ihr selbst mitgetheilt werden. Letztere ist in einen gemauerten Viertelcylinder eingeschlossen, welcher gleich lang ist, und dessen Axe mit der Charniermitte zusammenfällt, so daß die Gegenschütze darin einen Viertelkreis beschreiben kann. Die ebenen Seiten dieses Viertelcylinders oder dieser Trommel gehen nicht durch die Axe; die horizontale Fläche liegt nämlich etwas darüber und die verticale Fläche liegt etwas weiter zurück, sodaß zwischen diesen Ebenen und der Gegenschütze, wenn sie in diese extremen Stellungen tritt, ein parallelepipedischer Raum frei bleibt. Uebrigens ist diese Gegenschütze etwas gekrümmt, um die Ueberhöhung der horizontalen Wand der Trommel zu vermindern und eine Verdeckung der eigentlichen Stauschütze zu vermeiden. Die Enden der Trommel sind durch zwei Blechwände geschlossen, in welchen zwei rectanguläre, den erwähnten freien Zwischenräumen entsprechende Oeffnungen ausgeschnitten sind (Fig. 3).

„Die in dieser Weise mit Stau- und Gegenschützen ausgestatteten Trommeln sind in dem Körper des Wehres eingelassen, liegen auf dem verkleideten Betonbett auf und stehen dicht nebeneinander.

„Wenn man jetzt diese Trommeln betrachtet, so sieht man, daß sie zusammen eine über die Länge des Wehres hinreichende versenkte Kammer bilden, welche auf der einen Seite an der Bekleidung des Pfeilers, auf der andern Seite am Wehrkopfe endigt und durch die Gegenschützen in zwei Längsabtheilungen getheilt wird.

„Unmittelbar oberhalb und unterhalb der von dieser Trommel eingenommenen Wehrpartie sind im Massiv des Pfeilers zwei durch Canäle mit dem Ober- und Unterwasser verbundene Schächte ausgespart, welche durch zwei gußeiserne und mit Ventilen an beiden Enden versehene Röhren unter sich verbunden sind. Diese Röhren gabeln sich vor den in den Basen der Trommeln angebrachten Oeffnungen und vermitteln einerseits die Communication mit dem Oberwasser, andererseits diejenige mit dem Unterwasser.

„Denkt man sich nun die vier Ventilklappen der Röhren des Pfeilers geschlossen, sämmtliche Schützenklappen auf den Ueberfall niedergelegt und folglich sämmtliche Gegenschützen horizontal stehend, und öffnet man das Oberwasserventil des dem oberhalb gelegenen Raumes der Trommeln entsprechenden Rohres, so wird das Oberwasser sofort diesen Raum füllen, die Gegenschützen mit einer der Druckhöhe entsprechenden Kraft niederdrücken und zur Seite drängen, bis sie an dazu bestimmte Anschläge in den Trommeln anstoßen, und auf diese Weise die Stauschützen in ihre verticale Stellung aufrichten.

„Schließt man dagegen das Ventil des Zuleitungsrohres für das Oberwasser und öffnet man das bis jetzt verschlossene Unterwasserventil, so wird das in die Trommel getretene Wasser nach dem Unterwasser ablaufen, die von ihrem Drucke befreiten Gegenschützen werden nicht mehr im Stande sein, die Stauschützen aufrecht zu erhalten, und Letztere werden, dem Wasserdrucke nachgebend, sich auf den Wehrrücken niederlegen.

„Die Manipulationen des Aufrichtens und Umlegens der Schützen sind also auf diese Weise einfach auf das

Oeffnen und Schließen zweier Ventile reducirt und überdies kann man, da die Schnelligkeit, mit welcher sie vollzogen werden, von der Geschwindigkeit, mit welcher die Füllung und Entleerung der Kammer erfolgt, abhängig ist, die Dauer dieser Operationen beliebig so reguliren, daß dieselben ohne Stöße sanft und ruhig vor sich gehen, was eine sehr wesentliche Bedingung für die Instandhaltung der Vorrichtung ist.

„Sind die Stauschützen aufgerichtet, so werden natürlich mehr oder weniger starke Wasserverluste durch die Zwischenräume bei den Gegenschützen stattfinden. Wollte man diese Wassermengen in dem stromabwärts liegenden Raume sich ansammeln lassen, so würden sie es bald anfüllen und durch den Gegendruck den Druck, welcher die Schützen aufgerichtet erhält, neutralisiren, sodaß die Schützen umschlagen könnten. Diesen Uebelstand kann man aber leicht beseitigen, wenn man das Ventil des mit dem Unterwasser communicirenden zweiten Rohres im Pfeiler öffnet und durch diesen das durchsickernde Wasser aus der Kammer abläßt. Streng genommen hätte man sich darauf beschränken können, dieses Rohr am Ende der Kammer eintreten zu lassen; aber man hat sich dadurch, daß man es bis zum Oberwasserschachte verlängert hat, die Füglichkeit verschafft, beim Umlegen mit größerer Energie auf widerspenstige Schützen einwirken zu können. Man braucht nämlich nur das Unterwasserventil zu schließen und das Oberwasserventil zu öffnen, damit das Wasser des obern Niveaus seinerseits auch in die Kammer eintrete und auf die Gegenschützen von der Hinterseite drücke, welcher Druck dann den Druck, welchen die Schützen direct erfahren, noch unterstützt.

„Die Wehre mit überfallendem Strahl haben den großen Vorzug, daß sie nur selten Handarbeit verlangen, weil man sie meistentheils nur bei sehr starken Anschwellungen umzulegen nöthig haben wird, wenn Ueberschwemmungen drohen. Indessen kann die Nähe einer Fabrik, einer Brücke, oder die Niedrigkeit der Ufer u. s. w. auch eine geringe Veränderung im Wehrspiegel als unzulässig erscheinen lassen und dazu nöthigen, daß man Anschwellungen um 0,4 bis 0,5 Meter schon ablassen muß, und dann zeigt sich ein wesentlicher Uebelstand darin, daß das Umlegen der Aufsatzschützen über die ganze Länge des Wehres eine größere Oeffnung bewirkt, als erforderlich ist, sich also der Wehrspiegel binnen Kurzem bis unter den Normalstand senkt; es hat daher das bewegliche Wehr mit Rücksicht auf solche Fälle noch eine besondere Einrichtung erhalten, von der wir jetzt sprechen wollen.

„Jede Stauschütze ist nämlich mit einer Stütze versehen, deren oberes Ende mit Charnier an einem der Arme befestigt ist, während der Fuß in einer gußeisernen, auf der Wehrkappe aufgeschraubten Couliffe oder Führung gleitet. Ferner ist eine Winkeleisenstange, welche in einer zu diesem Zwecke etwas unterhalb des Fußes der Stützen eingelassenen Nuth liegt, quer über das Ueberfallwehr angebracht, welche durch alle Couliffen hindurchgeht und mit dem horizontalen Schenkel am Boden liegt, während der verticale Schenkel sich gegen ihre Obertheile stützt. Macht man nun mit Hilfe der Röhren im Pfeiler die Manipulation des Umlegens, so begegnen die Füße der Stützen sehr bald dem verticalen Schenkel der Winkeleisenstange und werden davon festgehalten, so daß die Stauschützen vertical stehen bleiben würden, wenn dieser verticale Schenkel nicht von Zeit zu Zeit mit rectangulären Ausschnitten oder Zahnlücken versehen wäre, von denen man eine beliebige Zahl vor die Rinnen der Führungen stellen kann, damit in diesen die Stützen ganz ausweichen und die betreffenden Stauschützen sich umlegen können. Es ist also nur nöthig, in der Schiene derartige Ausschnitte in passenden Abständen anzubringen, damit man je nach der Stärke der Anschwellung eine beliebige Zahl von Schützen umfallen lassen kann.

„Da bei dieser Einrichtung diejenigen Klappen, deren Schützen vor den Ausschnitten stehen, auf die ganze Höhe umfallen und einem 1,5 bis 1,6 Meter starken Wasserstrome Austritt eröffnen, so könnte dies einen nachtheiligen Einfluß auf die Rückseite des Wehres üben und man hat daher diese Wehre noch in der Weise zu vervollkommnen gesucht, daß man das Umlegen einer gewissen Zahl von Klappen auf eine geringere, als die ganze Höhe zu ermöglichen trachtete, um dadurch die Stärke des Stromes zu vermindern.

„Dies war leicht zu erreichen, indem man auf der Rückseite des Wehres noch eine zweite Stange mit ähnlichen Ausschnitten anbrachte, und zwar mit so vielen, als die Zahl derjenigen Schützen, welche nur theilweise umfallen sollten, betrug. Dieselbe wurde so angebracht, daß die Klappen sich um die halbe Höhe senkten.

„Diese Stangen mit Ausschnitten dürfen nur gezogen werden, wenn die Klappen in die verticale Stellung zurückgegangen sind und darin durch den Druck des Wassers gegen die Gegenklappen erhalten werden, damit der Fuß der Stützen nicht gegen diese Stangen drückt, also bei ihrer seitlichen Verschiebung kein größerer Widerstand als ihr eigenes Gewicht zu überwinden ist.

„Wir haben bis jetzt nur von dem im Pfeiler angebrachten System von Röhren und Ventilen zum Aufrichten und Umlegen des Wehres gesprochen, da dieses in der That zur Ausführung dieser Operationen hinreichend ist; ich habe indessen in dem Pfeiler auf der andern Seite des Wehres ein genau ebenso eingerichtetes System angebracht, woraus sich folgende Vortheile ergeben:

„Erstens ist die Menge des in die Trommeln sich ergießenden Wassers eine doppelt so große, was eine sicherere und raschere Manipulation verursacht,

„zweitens gewinnt man dadurch die Füglichkeit, in den

Trommeln einen heftigen Strom zur Entfernung des abgelagerten Sandes zu erzeugen und

„endlich hat die Erfahrung gelehrt, wie man durch das blose Handhaben der Ventile eine bestimmte geringere oder größere Zahl von Klappen umzulegen im Stande sei, was die erste Stange mit Ausschnitten entbehrlich macht. Es läßt sich leicht denken, daß man bei aufgestellten Klappen durch Eröffnung des Ventiles auf der Unterwasserseite und Verschluß des Oberwasserventiles im Pfeiler und durch die entgegengesetzte Stellung der Ventile im Uferpfeiler in der oberen Kammer der Trommel einen Strom erzeugen kann, dessen Druck von dem Uferpfeiler ab nach dem Pfeiler hin immer mehr abnehmen und in der Nähe des Letzteren nicht mehr zur Aufrechterhaltung der Wehrklappen ausreichen wird; es werden sich also zwei oder drei Klappen umlegen. Schließt man dann die Unterwasserventile des Umlegerohres, d. h. desjenigen Rohres, welches mit der Unterwasserkammer der Trommeln correspondirt, und öffnet man das Ventil der Oberwasserseite, so bewirkt man in dieser Kammer eine Strömung, deren Gegendruck bei dem Pfeiler am stärksten ist und nach dem Ufer hin abnimmt, wodurch abermals einige Klappen zum Umschlagen bestimmt werden. Zwischen diesem gleichzeitig thätigen Drucke und Gegendrucke, welcher auf die Klappen in entgegengesetzter Weise wirksam wird und wovon der eine an dem einen Ende, der andere am andern Ende des Wehres vorherrschend ist, wird es natürlich in der Mitte des Wehres einen Uebergangspunkt geben, wo Beide im Gleichgewicht sind, und bis zu welchem sich auf der einen Seite die Klappen aufrichten, während sie auf der andern Seite umfallen; weil aber die Intensität dieser Kräfte von der minderen oder größeren Oeffnung der Ventile abhängig ist, so wird es bei zweckmäßiger Handhabung der Letzteren möglich sein, den Uebergangspunkt beliebig zu verschieben und eine bestimmte Zahl von Klappen zum Umschlagen zu bringen.*)

„Wir haben nun noch einer Vereinfachung in der Behandlung der Röhren zu gedenken. Wie bereits bemerkt, ist bei jeder Röhre immer das eine Ende geschlossen und das andere offen, man könnte daher die beiden Ventile oder Schieber durch einen Balancier verbinden, um die Hälfte der Stellvorrichtungen zu ersparen. Da aber, wenn man die beiden Rohre in's Auge faßt, auch sofort hervortritt, daß stets sowohl auf der Oberwasserseite, als auf der Unterwasserseite das eine geschlossen und das andere geöffnet ist, so leuchtet ein, daß man nur das eine Rohr über dem andern anzubringen braucht, um blos eines einzigen Schiebers zu bedürfen, und daß man dann die beiden Schieber auf der Ober- und Unterwasserseite noch durch einen Balancier verbinden kann. Es ist dann blos ein Schieber anstatt vier zu stellen und man kann sogar das Wehr selbstthätig machen, wenn man an der Stange der Schütze auf der Oberwasserseite einen Schwimmer so anbringt, daß das Wehr sich bei Anschwellungen umlegt und beim Sinken des Wasserstandes wieder aufrichtet."

*) Die erste Stange mit den Ausschnitten wird also überflüssig und ist auch bei den fraglichen Wehren gar nicht angebracht worden.

Diese selbstthätige Vorrichtung ist jedoch noch nicht versucht worden.

Wir wollen nun anführen, wie diese Wehre behandelt werden, obwohl hierbei zu bemerken ist, daß die Wehre an der Marne erst fertig geworden sind, die Praxis also noch nicht die richtigste Behandlung derselben kennen gelehrt haben kann.

Denken wir uns das Wehr geschlossen und den Wasserstand niedrig, so muß man durch Nadeln die Zwischenräume zwischen den Klappen ausfüllen, um den überfließenden Strahl auf der normalen Stärke von 5 Centimeter zu erhalten. Nach einem Gusse oder einer sonstigen Vermehrung des Wassers nimmt man die Nadeln wieder weg und läßt den überfallenden Strahl bis zu 0,4 bis 0,5 Meter Stärke anwachsen, ohne etwas zu thun. Ueberschreitet der Wasserstand aber die äußerste zulässige Grenze, so bewirkt man ein theilweises Umlegen der Klappen, indem man die Stange mit den Ausschnitten so einstellt, daß entweder sämmtliche, oder ein Theil der Klappen um 0,5 Meter gesenkt werden. Reicht dies noch nicht hin, so muß man die Klappen wieder aufrichten, die Stange mit den Ausschnitten so stellen, daß die Durchgangslöcher frei werden und das Wehr ganz niederlegen. Auch beim Wiederaufrichten des Wehres bedient man sich erst der Stange mit Ausschnitten, um eine Erhöhung um 0,5 Meter zu bewirken, und wenn der Wasserstand immer mehr sinkt, richtet man einen Theil der halbaufgerichteten Klappen ganz auf u. s. w.

Tritt die Zeit der Hochwasser ein, so schlägt man das Wehr ganz nieder, legt die Böcke des schiffbaren Durchlasses um und öffnet denselben, indem man seine Klappen mit der Nasenstange umstößt.

Kehrt aber die Zeit wieder, wo der Strom nicht mehr 1,6 Meter Fahrwasser besitzt, so bereitet man Alles zum Aufrichten des Wehres vor. Zunächst werden die Böcke des Durchlasses aufgerichtet und auf ihr oberes Ende die Pfosten gelegt, auf welche die Winde zu stehen kommt. Jeder Bock ist mit einer Kette versehen, welche am Kopfe der davor stehenden Klappe befestigt ist. Diese Kette wird mittelst der Winde aufgewunden und die Klappe aufgerichtet. Ist dies geschehen und die Stütze gegen den Anschlagpunkt angestemmt, so läßt man die Klappe sich halb umlegen und hebt die anderen Klappen, und wenn sämmtliche Klappen soweit aufgehoben sind, richtet man eine nach der andern völlig auf. Ist der Strom schwach, also keine gefährliche

Strömung während des Verschlusses des Durchlasses zu befürchten, so kann man auch sogleich mit der völligen Aufrichtung der Klappen vorgehen. Die letzten Klappen lassen sich noch recht gut unter 1 Meter Wasserstand aufstellen.

Ist der Durchlaß geschlossen, so setzt man auf die Gerüste ihr Böckchen und legt auf dieses den Steg, welcher sich in 0,5 Meter Höhe über dem Wehrspiegel befindet, endlich bewirkt man durch Stellung der Schieber vor den Rohren die Aufstellung des beweglichen Wehres.

Bei Wehren der beschriebenen Art ist es nützlich, wenn der Ueberfall ziemlich stark über den Tiefwasserstand emporragt. Denn um den Bau, die Instandhaltung und Reparatur der gemauerten Trommeln, in welchen die Gegenklappen sich befinden, zu erleichtern, müssen diese Klappen über dem Niedrigwasserstande liegen, und da die verticale Höhe der Trommel ungefähr eben so groß, als die Höhe der Klappe ist, so muß die Krone des Ueberfallwehres ungefähr in der halben Höhe zwischen dem Niedrigwasserstande und dem normalen Wehrspiegel liegen. An der Marne liegt sie gewöhnlich 1,19 Meter über dem Niedrigwasserstande. Der feste Unterbau muß auch ein Gefälle erzeugen, welches stark genug ist, um die Klappen aufzurichten.

Herr General-Inspector Dessontaines ist der Ansicht, daß es möglich sein werde, den unteren Theil der gemauerten Trommeln bis zu 0,4 Meter unter den Niedrigwasserstand eintauchen zu lassen, ohne die Unterhaltung dadurch viel schwieriger und kostspieliger zu machen, da das Betonfundament eine dichte Kammer bilde.

Die normalen Wehrspiegel der acht Wehre in der Marne erheben sich 2,01 bis 2,48 Meter über den Niedrigwasserstand. Die Oberkante der beweglichen Klappen befindet sich demgemäß im Mittel 2,17 Meter über diesem Wasserstande. Wollte man noch höhere Wehre nach diesem System bauen, so müßte man den festen Unterbau bis zu 1,5 Meter über Tiefwasser erheben und den Trommeln ungefähr 1,5 Meter Radius geben.

Während des Schlusses eines Schiffsdurchlasses muß das Wasser anderweit austreten können, wenn der Wehrspiegel nicht steigen soll, wodurch das Aufrichten der letzten Klappen des Durchlasses erschwert werden würde. An den Seinewehren findet der Abfluß über das Ueberfallwehr statt, dessen fester Theil nur 0,5 Meter höher ist, als der Niedrigwasserspiegel, es stellen sich daher auch die Klappen des Durchlasses sofort vertical, sobald die Stütze einer jeden am richtigen Platze steht, und man bewirkt die Aufrichtung mit Hilfe eines Kahnes, der sich gegen die schon aufgerichteten Klappen stützt. Bei den Wehren in der Marne kann aber der Verschluß des Durchlasses nicht ohne eine gewisse Anstauung des Wassers vor demselben geschehen, weil der feste Unterbau höher ist; man mußte also während des Aufrichtens für das Wasser einen Abfluß durch den Durchlaß selbst herstellen, was man dadurch erreicht hat, daß man die Klappen halb umgekippt stehen läßt. Da aber dann das Aufstellen mittelst Kahn nicht mehr möglich ist, so mußte oberhalb des Wehres ein durch Böcke getragener Steg hergestellt werden, auf welchem die Winde verstellt werden kann, und da einmal Böcke erforderlich waren, so hat man sich derselben natürlich auch bedient, theils um nöthigenfalls ein Nadelwehr vor dem Durchlasse aufzustellen, theils um einen Steg zwischen der Schleuse und dem Pfeiler, auf welchem der Wärter mehr oder weniger oft zu thun hat, zu erhalten.

Bei einem nicht selbstthätigen Wehre kann es bisweilen vorkommen, daß in Folge eines Sturmes oder durch ein Leckwerden des oberen Wehres die Stärke des über das Wehr fallenden Wasserstromes ziemlich beträchtlich wird, besonders zur Nachtzeit, wo die Aufsicht immer etwas minder gut ist. Daher dürfte für derartige Wehre die Axe der Klappen des Schiffsdurchlasses etwas höher zu hängen sein, als bei selbstthätigen Wehren, denn das überfallende Wasser darf die Klappen des Durchlasses nie umschlagen. Dies würde nämlich mehrfache Nachtheile erzeugen und zwar erstens den, daß der Wehrteich rasch ablaufen würde, zweitens, daß die Rückseite des Wehres Zerstörungen ausgesetzt wäre, drittens, daß bei den unterhalb gelegenen Werken Störungen im Betrieb eintreten könnten, viertens, daß in Folge der in der Nähe des Schleusencanales entstehenden Strömung die Schifffahrt gefährdet würde, und endlich, daß die von der Strömung fortgerissenen Gerölle u. s. w. sich vor die Böcke der Klappen legen und ihre Bewegung hindern könnten. Die Drehaxe sollte also dann nahe in der Mitte liegen.

Was nun die Vor- und Nachtheile der letztbeschriebenen Art von beweglichen Wehren anlangt, so wäre es ohne Zweifel voreilig, wollte man darüber bereits definitiv aburtheilen, da diese Wehre kaum vollendet sind und erst kurze Zeit in Gang sind. Eine längere Praxis wird ohne Zweifel gewisse, noch nicht bemerkte Mängel und zu machende Verbesserungen kennen lehren, denn ein Bauwerk, welches so verschiedenen Anforderungen genügen soll, wird wohl nie gleich auf das erste Mal vollkommen gelingen; haben doch auch die Wehre mit Nadeln verschiedene Vervollkommnungen hintereinander erfahren. Gegenwärtig darf man nur Vermuthungen über die gegenseitigen Vor- und Nachtheile der genannten Constructionen aussprechen, und unter dieser Einschränkung wünschen wir die nachstehenden Bemerkungen angesehen.

Die Wehre in der Marne haben mehrere Vortheile mit den Seinewehren gemein, sind ihnen aber in andern Punkten bald vorzuziehen, bald hintanzusetzen.

1. Die Construction der Marnewehre gestattet, wie diejenige der Wehre in der Ober-Seine, eine ziemliche Höhe, weil in beiden Fällen der Wärter seine Verrichtungen

von einem sicheren Standpunkte aus mittelst Vorgelegen vornehmen kann. Dieser Vortheil ist jedoch bei den Marnewehren in etwas geringerem Maaße vorhanden, weil sie ein ziemlich hohes Ueberfallwehr nöthig machen. Bei manchen Strömen würde man eine so bedeutende Höhe nicht anwenden können und dieserhalb sehr lange und kostspielige Ueberfälle herstellen müssen.

2. Die Behandlung der Marnewehre ist eine sichere und leichte, und der Erfolg ein bewundernswürdig guter; da jedoch die Stellung der Schieber an den Rohren nur vom Pfeiler aus möglich ist, wohin der Wärter mittelst eines auf Böcken ruhenden, 0,8 Meter breiten Steges gelangt, so ist sie nicht ganz ungefährlich zu nennen, da ein Windstoß oder falscher Tritt, namentlich des Nachts, ein Menschenleben kosten kann. In der Marne haben die Stege nur 25 Meter Länge, in der Ober-Seine würden sie aber 54,7 Meter Länge erhalten und in gleichem Maaßstabe wächst die Gefahr. In dieser Beziehung sind also die Mängel der Nadelwehre nicht ganz vermieden worden, es dürfte aber möglich sein, die Böckchen mit 0,7 Meter hohen Säulchen zu versehen und diese durch eine Leiste oder ein Seil zu verbinden, um ein Brückengeländer zu erhalten.

3. Bis jetzt regulirt das System von Wehren an der Marne den Wehrspiegel nicht selbstthätig, es wird also dabei eine beständige Aufsicht nothwendig. Allerdings würden die Nachtheile einer Ueberschreitung der normalen Höhe geringer als bei einem Nadelwehre sein, weil der Steg 0,5 Meter über dem Wehrspiegel liegt, man auch, wenn der Steg überschwemmt wäre, noch im Kahne nach dem Pfeiler gelangen könnte, um das Umlegen zu bewirken, und weil endlich in dringenden Fällen zunächst die Klappen des Durchlasses geöffnet werden können, wozu man das Ufer gar nicht zu verlassen braucht. Es entsteht aber aus der Nichtselbstthätigkeit des Wehres noch der Nachtheil, daß der Wasserstand so hoch werden kann, daß die Klappen des Durchlasses von selbst umfallen, woraus sich die bereits oben angegebenen Folgen ergeben können. Dagegen ist anzuerkennen, daß bei genügend hoher Lage der Axen der Klappen des Durchlasses der Wehrspigel meistentheils blos durch die Stärke des überfallenden Stromes regulirt werden wird, ohne daß der Wehrwärter eine besondere Manipulation auszuführen nöthig hat, und diese selbstthätige Regulirung durch das übertretende Wasser ist augenscheinlich sehr vortheilhaft, wo sie anwendbar ist.

4. Wie bei den Wehren in der Ober-Seine ist die Strömung in größere Entfernung von der Schleuse und dem Canal verwiesen, weil der Ueberfall am entgegengesetzten Ufer liegt.

5. Bei den Marnewehren sind wie bei den Seinewehren nur unterhalb des Ueberfalles Auskolkungen zu befürchten, das erstere Wehrsystem besitzt aber insofern einen bedeutenden Vortheil, als der Wärter mit Hilfe der Stangen mit Ausschnitten in Stand gesetzt ist, die ganze Wehrkrone um 0,5 Meter zu erniedrigen, also dem Fluthwasser über die ganze Länge des Wehres Austritt zu verschaffen, was die Gefahr von Zerstörungen bedeutend verringert, während bei den Wehren der Ober-Seine die Fluth durch einige freiwillig umschlagende Klappen abfließt und die darin entstehende gewaltige Strömung viel zerstörender einwirkt. Es ist andrerseits zu bemerken, daß eine Auswaschung bei den Marnewehren viel größere Beschädigungen erzeugen würde, als bei den Seinewehren, weil bei Ersteren ein Setzen in den Betonfundamenten den Bruch der gemauerten Trommeln zur Folge haben und jede Bewegung der Klappen unmöglich machen könnte.

6. Die Reparaturen an den Marnewehren dürften nicht besonders schwierig sein, denn sie sind, was die Durchlässe anlangt, von derselben Natur, wie bei den Wehren an der Ober-Seine, und was die Ueberfälle anlangt, so ist zu erinnern, daß die Klappen, Gegenklappen und Trommeln über dem Niedrigwasserstande liegen. Diese Trommeln endlich sind am oberen Theile mittelst eiserner Platten geschlossen, welche man nur aufzuheben braucht, um in's Innere gelangen zu können.

7. Bei gleicher Ueberfalllänge bietet das System der Marnewehre dem Abfluß der Fluthen mehr Widerstände, als die Seinewehre, weil Erstere höher sind.

8. Das System der Marnewehre ist für die Schifffahrt mit Schleusen minder passend, als dasjenige der Ober-Seine-Wehre, weil Böcke im Durchlaß stehen.

9. Vergleicht man die Mauerwerksmassen bei beiden Systemen, so erhält man nachstehende Ziffern:

	Länge parallel zum Strome.		Bemerkungen.
	Seinewehr.	Marnewehr.	
Boden des Schiffsdurchlasses	6,00 Met.	12,70 Met.	Excl. der Betonschüttungen zu den Verschüssen ober- und unterhalb.
Pfeiler (Krone)	6,00 „	12,50 „	
Boden des Ueberfalles	4,28 „	7,50 „	Breite = 3 Meter zwischen den Verschüssen.
Kopf des Ueberfalles (Krone)	4,00 „	12,50 „	

Ueberdies umfaßt ein Schiffsdurchlaß bei den Marnewehren ein doppeltes System von beweglichen Theilen (Klappen und Böcken), es muß daher das laufende Meter Schiffsdurchlaß oder Ueberfall bei den Marnewehren ungefähr doppelt soviel kosten, als bei den Wehren an der Ober-Seine.

Die großen Mauerwerksmassen bei den Marnewehren sind indessen nicht nothwendige Folgen des Systemes, man hat sie vielmehr zur Verhütung der möglichen schädlichen Folgen von Durchsickerungen, welche bei schwachen Mauern in den Fundamenten eintreten könnten, angenommen. Hiervon abgesehen brauchten die Marnewehre nicht stärker gebaut zu sein, als die Wehre in der Ober-Seine, den Durchlaß ausgenommen, dessen Länge natürlich um die Breite des Steges größer gemacht werden muß.

Wir wollen schlüßlich noch des verschiedenen Eindruckes gedenken, den der Anblick eines selbstthätigen oder nicht selbstthätigen Wehres auf den Zuschauer hervorruft. Bei Letzterem kann man in Zeit von einer Stunde alle Manipulationen vornehmen, welche das System gestattet; der Mensch regiert es und das Werk gehorcht ihm augenblicklich. Anders bei einem selbstthätigen Wehre, wo zum Thätigwerden des Werkes ein gewisser, selten am Tage des Besuches stattfindender Wasserstand erforderlich ist, man also warten muß, um mindestens einige der selbstthätigen Bewegungen des Wehres wahrzunehmen. Daher ist der Eindruck der selbstthätigen Wehre ein bei weitem nicht so vortheilhafter, als derjenige des andern Systemes.

Zusatz.

Wir fügen hier noch einige Bemerkungen bei, die über vorstehende Arbeit gemacht worden sind.

Erstens hat man gesagt, es sei noch kein endgiltiges Urtheil über die Wehre in der Ober-Seine und Marne zu fällen möglich, weil sie noch nicht lange genug in Gang seien. Wir treten dem vollkommen bei und haben dieselbe Bemerkung bereits oben gemacht, wiederholen hier überhaupt nochmals, daß wir kein definitives Urtheil über diese Systeme aussprechen, sondern unsere Ansichten blos unsern Cameraden mittheilen wollen, um weitere Ansichten, resp. Vervollkommnungen hervorzurufen.

Ferner ist eingeworfen worden, daß die Nachtheile der Seinewehre nicht angeführt worden seien, worauf zu erwiedern ist, daß uns keine diesem Systeme eigenthümlichen Nachtheile bekannt geworden sind. Bei näherer Betrachtung haben wir uns jedoch fragen müssen, ob diese Wehre anderwärts unter anderen Verhältnissen angewendet wirklich vorwurfsfrei sein dürften, und glauben dieserhalb noch Folgendes hinzufügen zu müssen.

Die Wehre in der Ober-Seine besitzen einen selbstregulirenden Ueberfall; neben den selbstthätigen Bewegungen dürfte es aber in gewissen Fällen nützlich sein, die Klappen des Ueberfalles stellen zu können, ohne den Wehrteich ablaufen zu lassen, mit andern Worten, es wäre vortheilhaft, wenn man eine beliebige Klappe des Ueberfalles zu einem beliebigen Momente umlegen oder aufrichten könnte. Dies kann aber bei den Wehren in der Ober-Seine nur von einem Kahne aus geschehen, dessen Anwendung nur in wenigen Fällen möglich ist, wenn das Wehr functionirt. Ohne weiter in Details einzugehen, beschränken wir uns also zu bemerken, daß es nicht immer möglich ist, die Klappen der Ueberfälle dieser Wehre direct zu stellen, daß man vielmehr in der Hauptsache sich mit ihren freiwilligen Bewegungen, welche man aber vollkommen zu leiten im Stande ist, begnügen muß.

Es fragt sich nun, ob dieser Umstand oft als Mangel fühlbar werden werde? Wir glauben dies nicht, gestehen aber gern zu, daß man bei einem System, bei welchem gleich gut selbstthätige und willkürliche Bewegungen ausgeführt werden könnten, noch mehr Beruhigung fassen würde, und dies ließe sich leicht erzielen, wenn auf der Wehrkappe, oberhalb der Klappen, ein Steg, getragen von Böcken, angebracht würde. Bei einer derartigen Construction wäre man dann vollkommener Herr des Wehres, ohne daß dies die Eigenschaft der Selbstregulirung verlöre. Der Schiffsdurchlaß würde in vielen Fällen ohne Schwierigkeit mittelst eines Nadelwehres geschlossen werden können und es würden beinahe alle die am Eingange unserer Notiz erwähnten Gefahren beseitigt sein.

Denken wir uns jetzt das Bett des Stromes oberhalb des Wehres nicht durch Ufer mit sanften Böschungen, sondern durch mehr oder weniger nahestehende Kaimauern eingeschlossen, so wird das Wasser während des Verschlusses des Durchlasses rasch steigen und, wenn die Oertlichkeit die Anwendung eines langen niedrigen Ueberfallwehres nicht gestattet, so wird sich vielleicht das Aufstellen der Klappen des Durchlasses nicht mittelst eines Kahnes bewirken lassen, wie an der Ober-Seine; es könnte sich nämlich ereignen, daß im Moment des Aufstellens der letzten Klappen das Gefälle zu stark würde, während die Stützpunkte des Kahnes zu hoch zu liegen kämen.

Es sind dies Möglichkeiten, welche noch zu erwähnen waren.

(Annales des ponts et chaussées, 4. sér., 6. ann., 2. cah.)

Ueber den artesischen Brunnen zu Passy.

Von

Darcel, Ingenieur des Straßen= und Brückenbaues in Paris.

Die Geschichte der Bohrung des artesischen Brunnens zu Passy, die Angabe der Motiven, welche dieses Unternehmen hervorriefen, und die dabei erzielten Resultate setzen einige Worte über die erforderlichen Vorarbeiten und über ähnliche frühere Unternehmungen im Pariser Becken voraus.

Ueberall, wo die Erdkruste nicht gerade von plutonischen Gesteinen, d. h. von solchen Gesteinen, welche in heißflüssigem Zustande aus dem Erdinnern hervorgedrungen sind, gebildet ist, besteht sie aus Sedimenten, welche sich auf dem Grunde von Seeen niedergeschlagen haben und deshalb in horizontalen Schichten abgelagert sind, wenn ihre Schichtung nicht durch geologische Revolutionen später zerstört worden ist.

Diese Schichten können entweder für das Wasser durchdringlich oder undurchdringlich sein. Liegt eine Schicht der letzteren Art unter solchen Schichten, welche Wasser durchlassen, so werden die durch die obern Schichten hindurchfiltrirten Wasser von ihr aufgehalten werden und auf ihr nach der Linie des stärksten Gefälles irgendwo zu Tage kommen. Bildet daher ein Thal einen Durchschnitt durch die Schichtenreihe, so werden auf der undurchdringlichen Schicht Quellen hervorsprudeln.

Sind dagegen wasserdurchlassende Schichten von undurchdringlichen Schichten bedeckt, so ist dasjenige Wasser, welches Erstere da, wo sie an die Oberfläche treten, aufgenommen haben, in das Erdinnere eingeschlossen, ohne hervorquellen zu können. Wenn man dann durch die undurchlässigen Schichten hindurchgeht, so steigt das darunterstehende Wasser in dem eröffneten Canale in die Höhe und fließt an der Mündung über, sofern dieselbe in einem tieferen Niveau liegt, als das Ausgehende der verschiedenen Schichten; es ist gerade so wie bei einer Wasserleitungsröhre, welche mit einem höher liegenden Bassin communicirt.

Will man also wissen, ob ein Bohrloch einen artesischen Brunnen geben werde oder nicht, so muß man untersuchen, ob unter dem fraglichen Punkte durchlässige Gebirgsschichten befindlich sind, welche von undurchlässigen bedeckt sind, ob die einen oder anderen an höher gelegenen Punkten zu Tage treten, und ob das von ihren Ausgehenden aufgefangene Wasser irgendwo einen beträchtlichen natürlichen Abfluß findet.

Paris befindet sich in einer für das Abbohren von artesischen Brunnen sehr geeigneten Lage. Inmitten eines großen Beckens haben sich hier secundäre und tertiäre Bildungen niedergeschlagen, welche nach allen Seiten hin aufsteigen, und von denen ein Theil durchdringlich, der andere für Wasser undurchdringlich ist. Es waren denn auch bereits ziemlich zahlreiche Brunnen in der Umgegend von Paris gegraben worden, um die wasserführende Schicht zu erreichen, welche im obern Theile der Kreidebildungen unter dem undurchdringlichen plastischen Thone, der die Basis der tertiären Bildungen ist, liegt, aber diese Brunnen, von denen der tiefste nicht über 100 Meter tief war, gaben nur unbedeutende Wassermengen. Mulot schlug daher auf den Rath Elie de Beaumont's vor, die Kreideformation ganz zu durchbohren und in deren unterstem Theile die wasserreichere Schicht des Grünsands aufzusuchen, dessen Ausgehendes bei Valenciennes, Sainte Menehould, Auxerre u. s. w. bei 130 Meter Höhe über der See, also ca. 100 Meter über den Straßen von Paris in der Nähe der Seine bekannt ist.

Man schätzte die Stärke der zu durchbohrenden Schichten auf 300 bis 400 Meter und schloß am 9. October 1833 wegen des artesischen Brunnens zu Grenelle mit Mulot ab. Die Arbeiten begannen am 24. December desselben Jahres und im Monat Juni 1834 war man bereits bis zu 115 Meter Tiefe vorgedrungen, als ein Einsturz erfolgte, welcher die Gezähe ruinirte und die Arbeiten zwei Monate unterbrach. Nach der Wiederaufnahme ging das Bohren ruhig fort bis zum 3. April 1837, wo man in 405 Meter Tiefe arbeitete, aber noch kein Wasser erreicht hatte. Die Stadt gab aber das Unternehmen nicht auf, sondern schloß noch vier neue Contracte mit Mulot ab, den ersten auf 400 bis 500, den zweiten auf 500 bis 600 Meter Tiefe und die beiden Letzten über die Verrohrung des Bohrlochs.

Die Jahre 1837 und 1838 waren reich an Unfällen,

doch war man am 18. Oktober 1839 bis zur Tiefe von 501 Metern gelangt und erreichte nach siebenjähriger Arbeit am 23. Februar 1841 bei 548 Meter Tiefe aufsteigendes Wasser, dessen Temperatur 27,1° C., und dessen Volumen im Niveau der Mündung (bei 38 Meter über dem Meeresspiegel) 3400 Cubikmeter in 24 Stunden oder 39 Liter pro Secunde betrug.

Außer der provisorischen Verrohrung, welche gleichzeitig mit dem Bohren eingebracht werden mußte, um Nachstürze zu vermeiden, mußte noch eine Röhrentour eingelassen werden, um das Wasser zusammenzuhalten. Hierzu beschloß man Kupferrohre von 3 Millim. Stärke und 17 Centim. Weite zu unterst, 21 Centim. in der Mitte und 24 Centim. Weite zu oberst anzuwenden. Da aber die oberste Tour kurz nach der Einbringung zerdrückt wurde, so mußte man sie herausreißen, was nicht ohne Zerschneiden in Streifen möglich war. Daher entschied man sich für eine ganz neue stärkere und auf 70 Atmosphären Druck geprüfte Röhrentour aus galvanisirtem Blech von 5 Millim. Stärke. Als diese hinabgelassen wurde, bemerkte man, daß die provisorische Verrohrung auf 408 Meter Tiefe hinabgesunken war, und hielt die neuen Röhren in dieser Tiefe auf, indem man hiermit die Arbeit für beendigt hielt. Dies geschah am Schlusse 1843, wo die Wassermenge am obern Ende eines aufsteigenden Strahles von 34 Meter Höhe (also in 72 Meter absoluter Höhe) 1100 Cubikmeter in 24 Stunden betrug. Anfangs 1844 sank diese Wassermenge auf die Hälfte und, um eine größere Ausflußmenge zu erzielen, ließ man dieses ganze Jahr und bis in's Jahr 1848 hinein den Brunnen abwechselnd bald oben, bald unten ausgießen, da man glaubte, daß Sand, Thonbatzen und Kiese die Röhre unten verstopft hätten, bei Herstellung eines stärkeren Stromes aber vielleicht mit fortgerissen werden würden. Da aber dieses, anfangs erfolgreiche, Mittel später keine guten Resultate mehr gab, so entschied man sich im Jahre 1848 dahin, das Bohrloch durch Sondiren frei zu machen, was in den Jahren 1849 und 1850 mehrfach wiederholt wurde. Es gelang hierbei, das umgebogene Ende des Rohres zu durchdringen und dem Wasser einen directen Eintritt zu verschaffen, ohne jedoch dieses letzte Ende verrohren zu können. Der Erfolg war aber gering, indem die Wassermenge nicht über 430 Cubikmeter in 24 Stunden wuchs. Man entschloß sich nun, auch das unterste Ende des Loches zu verrohren, und brachte, nach zwei vergeblichen Versuchen, die Rohre glücklich bis in 545 Meter Tiefe hinunter, überzeugte sich aber Anfangs 1852, daß auch die neue Röhrentour sich wie die erste unten krumm gezogen hatte. Hierauf wurde eine neue angefertigt, welche innerhalb der ersten mit großen Schwierigkeiten bis zu 546 Meter Tiefe hinabgelassen wurde. Nunmehr wurde inwendig mit einer spitzigen Sonde (Löffel?) gearbeitet, welche in 549 Meter Tiefe in einer Sandsteinbank stecken blieb und nach Entfernung des Gestänges darin gelassen wurde, um die Rohrsäule zu befestigen. Diese Arbeiten wurden den 20. Juli 1852 vollendet und erzielten 720 Cubikmeter Wasser, welche Wassermenge bis zum Jahre 1856 wuchs und die Höhe von 900 Cubikmetern in 24 Stunden erreichte.

Der Gesammtaufwand belief sich in diesen 19 Jahren auf 390000 Francs, sodaß das Cubikmeter Wasser (ohne Rücksicht auf Zinsen) 5,5 Centimes zu stehen kam. Das finanzielle Ergebniß war also befriedigend und rechtfertigte die Beharrlichkeit der Stadt Paris, während die Ueberwindung der zahlreichen Schwierigkeiten dem Unternehmer Mulot, welcher sein Vermögen bei der Durchbohrung sehr unvollkommen bekannter Gebirgsschichten und bei einem Bohrloche von bis dahin noch nicht dagewesener Tiefe auf's Spiel gesetzt hatte, zur großen Ehre gereichte.

Die Stadt Paris beschloß daher auch im Jahre 1854 die Abbohrung eines zweiten Brunnens und übertrug, um aus den anderweit gemachten Erfahrungen und den in der Kunst des Erdbohrens gemachten Fortschritten Nutzen zu ziehen, die Leitung einer Commission von Gelehrten, bestehend aus den Instituts-Mitgliedern Dumas, als Präsidenten, Elie de Beaumont, General Poncelet und Pelouze, den Straßen- und Brückenbau-Ingenieurs Mary, Junker, Lorieux und Alphand, wozu später noch der Director des Stadtbauamtes Michel und der Ingenieur Darcel traten. Die zur Commission gehörenden Bergwerksingenieure, welche naturgemäß die beste Einsicht in dieser Sache haben mußten, schlugen die Berufung eines sächsischen Ingenieurs, Kind, vor, welcher in Deutschland und im östlichen Frankreich ein großes Renommée als Bohrtechniker genoß, und dieser veranschlagte die Herstellung eines mindestens 0,6 Meter weiten Bohrlochs binnen Jahresfrist auf 350000 Francs. Ohne an die Einhaltung dieses Versprechens vollständig zu glauben, ging die Commission auf die vorgeschlagene Verfahrungsweise ein, worüber hier Folgendes zu bemerken sein dürfte.

Die Unfälle beim artesischen Brunnen von Grenelle waren aus drei verschiedenen Ursachen abzuleiten, nämlich: 1. von der Art des Bohrens, 2. von dem geringen Durchmesser des Bohrlochs, dessen Verrohrung nicht einmal den Bewegungen des Bodens Widerstand zu leisten im Stande war, und 3. von der Neuheit, welche viele Versuche nöthig machte.

Die angewendeten Instrumente waren verschiedener Art; erstens Meisel an langen Bohrstangen, welche mittelst Göpel gehoben wurden, um dann beim Niederstürzen das Gestein wie die Bergbohrer zu zermalmen, zweitens Löffel, oder pumpenartige Instrumente zur Beseitigung des Schmandes aus dem Bohrloche, drittens Nachbohrer zur Erweiterung und regelmäßigen Herstellung des Loches, welche drehend gehandhabt wurden. Diese für Bohrungen bis zu

150 Meter Tiefe anwendbaren Verfahrungsweisen wurden bei der vorliegenden großen Tiefe sehr gefährlich, denn begreiflicherweise mußte der Stoß in Gestängen von einigen hundert Metern Länge und von beträchtlichem Gewicht deren Festigkeit sehr angreifen, während die Drehung beim Nachbohren das Abwürgen herbeiführen konnte. Daher fielen viele Brüche vor, nach welchen die im Bohrloche gebliebenen Gezähstücken mittelst trichter- und schraubenzieherartiger Instrumente mit großem Zeitverlust wieder gefangen und herausgeschafft werden mußten.

Nun hatte bereits Oeynhausen eine Scheere erfunden, durch welche diese Stöße vermieden wurden, indem sie nur die Vermittelung zwischen dem die über Tage ausgeübte Kraft übertragenden Gestänge und einem Meiselbohrer im Tiefsten des Bohrloches bildet. Dieses unvollkommene Instrument gab jedoch nur bei geringen Bohrlochstiefen und, wenn nicht zu große Gegengewichte oder zu starke Federn erforderlich waren, befriedigende Resultate. Kind hat das große Verdienst, die Oeynhausen'sche Idee mit seiner Freifallscheere zuerst in wirklich praktischer Weise gelöst zu haben, indem er das Gestänge unten in einer Scheere mit zwei Hacken, welche einen Hut von Guttapercha tragen, endigen läßt. Diese Hacken fassen den Kopf des Meisels, welcher frei in der Scheere gleiten kann, und nehmen ihn mit in die Höhe, wenn das Gestänge angehoben wird. Erfolgt aber die umgekehrte Bewegung und zwar rasch, so bewirkt der Widerstand, welchen der Hut im Wasser findet, daß die Hacken auseinandergehen, und der Bohrer fällt allein zu Boden, während das Gestänge ihm nachfolgt und ihn ohne Stoß nachher wieder anholt. Dieses Verfahren, welches mit der Rammarbeit Aehnlichkeit hat, ist dann von allen Erdbohringenieurs nachgeahmt und in verschiedener Weise durchgeführt worden. Kind wendet überdies hölzerne Bohrstangen mit eiserner Armatur an, welche ungefähr gleichschwer wie das Wasser sind, so daß das zu hebende Gewicht nur in dem Meisel und seiner Bohrstange besteht. Er reinigt das Bohrloch mit dem Löffel und vermeidet alle Drehbewegungen.

Diese vervollkommneten Instrumente, welche die Herstellung weiterer Löcher ohne zu großen Kraftaufwand gestatteten, und die durch das Mulot'sche Bohrloch erlangte Kenntniß der Erdschichten garantirten einen guten Erfolg. Man wußte nämlich, daß, wenn nur erst der plastische Thon durchbohrt und das Bohrloch verrohrt wäre, die Kreide ohne Befürchtung von Nachsturz durchbohrt werden könne und, daß es daher möglich sein müsse, das Bohrloch auf einmal mit Röhren von demselben Durchmesser auszufüttern. Deshalb bestimmte die Commission, daß das Bohrloch, welches bei 23 Meter Tiefe in den Grünsand eintreten würde, nicht unter 0,6 Meter Weite erhalten und bis zu 76,4 Meter Tiefe unter den Meeresspiegel niedergestoßen werden sollte.

Kind erhielt die Leitung der Arbeiten, deren Ausgaben durch das Stadtbauamt (Service municipal) controlirt und durch die Stadt getragen werden sollten, während Kind je nach der Menge des erbohrten Wassers die ganze oder einen Theil der Differenz zwischen dem höchsten, zu 350000 Francs angenommenen Aufwande und dem wirklichen Kostenaufwande als Remuneration erhalten sollte, nämlich den ganzen Ueberschuß, wenn 13300, zehn Procent, wenn nur 4000 oder weniger Cubikmeter Wasser in 24 Stunden erbohrt wurden, und eine proportionelle Summe, wenn die Ausflußmenge zwischen einfiel. Ueberschritten die Kosten 350000 Francs, so war der Contract ungiltig.

In den ersten Monaten des Jahres 1855 wurden die Apparate aufgestellt, welche 93000 Francs kosteten, und das Bohren begann im Juli. Man durchbohrte ohne Schwierigkeiten die oberste, 18 Meter mächtige Schicht von Grobkalk und hatte im Oktober nach einigen Schwierigkeiten den plastischen Thon bis zur Kreide durchsunken. Gegen die Ansicht der erfahrensten Mitglieder der Commission, gestützt auf die Beobachtungen am Bohrloch vor Grenelle, hatte Kind diese sehr gefährliche Schicht blos mit 5 Millim. starken und 1,1 Meter weiten Röhren verrohrt und setzte das Bohrloch mit 1 Meter Weite fort, wobei täglich 5 Meter abgebohrt wurden und ohne besondere Fährlichkeiten, den Bruch einiger Stangen und Schlösser ausgenommen, die Tiefe von 366 Metern erreicht ward. Aber am 3. Mai 1856 trat in Folge des Bruches eines Instrumentes ein Stillstand von 33 Tagen ein, man mußte einen Theil der Stücke stecken lassen und diese geriethen in Aushöhlungen, sodaß sie das Weiterbohren nicht störten. Bis dahin betrug die Zahl der Arbeitstage 185, diejenige der durch Reparaturen und Fangversuche verlorenen Tage 110. Am 29. März 1857 war man bis zu 528 Metern vorgerückt, wobei der tägliche Fortschritt 1,5 Meter betrug; man erwartete also den Ausbruch des springenden Wassers in 4 Wochen, als eine Bewegung im Thon bei 36 Metern Tiefe die Röhren zusammendrückte und die Arbeit unterbrach. Alle Versuche Kind's zur Wiederherstellung waren vergebens; alle hintereinander eingeschobenen Röhren theilten dasselbe Schicksal, wie das erste Rohr, und die Thon- und Sandmassen drangen durch die zerrissenen Röhren ein, splitterten Fetzen davon ab und füllten das Bohrloch an, indem sich unter dem Grobkalk ein Hohlraum von mehr als 400 Cubikmetern Inhalt bildete. Dies geschah im Oktober 1857, wo die Summe von 350000 Francs erschöpft und die Lage eine so verzweifelte war, daß einige Mitglieder der Commission der Meinung waren, die Arbeit ganz einzustellen. Der Präfect von Paris hielt es dagegen im Einverständniß mit der Mehrzahl der Commissionsmitglieder für unwürdig,

die angefangene Bohrung fallen zu lassen und beauftragte seine Ingenieurs mit Vorschlägen für die weitere Vollendung.

Es handelte sich zunächst darum, das Bohrloch zwischen dem Grobkalk und der Kreide auf 30 Meter Tiefe in dem zusammengebrochenen, mit Bruchstücken der alten Verrohrung gemengten und sehr wasserreichen Terrain wiederherzustellen. Als sicherstes Mittel sah man das Einstoßen eines sehr starken Rohres an, unter Anwendung des von Triger auf den Gruben des Loirebeckens angegebenen Verfahrens, nämlich mittelst comprimirter Luft, welche das Wasser aus dem Rohre verdrängt und die Arbeit im Trocknen, wie in einer Taucherglocke, gestattet. Der Maschinenbauer Gouin in Paris, welcher auf diese Weise Brückenpfeiler gegründet hatte, erbot sich, diese Arbeit für 80000 Francs auszuführen; da aber diese Methode damals noch nicht bekannt genug war, auch ein bei Anwendung dieses Verfahrens in Bordeaux vorgekommener Vorfall die Sache lebensgefährlich erscheinen ließ, so entschied man sich dahin, erst auf anderem Wege die Ausräumung zu versuchen.

Man begann daher, das Bohrloch auf 18 Meter Tiefe von der Oberfläche an in dem trockenen und gut stehenden Grobkalke bis auf 4 Meter zu erweitern, stellte dann eine 3 Meter weite und 3 Centim. starke, aus aufeinander geschraubten und durch innere Rippen verstärkten Ringen bestehende gußeiserne Verkleidung zusammen, ließ diese durch ihr eigenes Gewicht so weit hinabsinken, bis die Reibung des Thongebirges sie aufhielt, baggerte dann das Innere aus und unterstützte die Versenkung durch Winden. Diese im Februar 1858 unternommene Arbeit mußte im August wieder eingestellt werden, wo der Schuh der Röhre bis zu 45,6 Meter Tiefe vorgedrungen war, aber nicht weiter sinken wollte. Es wurden jetzt zur Trockenlegung Pumpen aufgestellt, es zeigte sich aber, daß die gußeiserne Röhre an mehreren Stellen Risse besaß und verschiedene Muttern abgeschnitten worden waren, sodaß man starke Ringe aus Winkeleisen innen anlegen, die einzelnen Röhrenringe unter sich neu verbinden und die Wechsel verpeizen mußte. Hierauf versuchte man die Auskleidung bei demselben Durchmesser durch Mauerung fortzusetzen, der durchweichte Thon, welcher zu durchsinken war, zerbrach aber alle Auszimmerung und setzte das Leben der Arbeiter in Gefahr, sodaß man ein zweites Rohr von 2,5 Meter äußerem Durchmesser aus starkem, durch Armaturen aus T-Eisen verstärkten Kesselblech zu versenken beschloß. Dieses versenkte man unter fortwährendem Pumpen und Ausbaggern mittelst Druck von oben. Hierbei stieß man auf den größten Theil der alten Rohre, zog sie heraus und gelangte bis zu 49,5 Meter Tiefe. Da aber dieses Rohr nicht weiter eindringen wollte, so fing man ein zweites, ebenso construirtes Blechrohr von 2,15 Meter äußerem Durchmesser an. Inzwischen quollen aus den wieder offen gewordenen Fugen Strahlen von Wasser mit Sand und Thon gemengt hervor, was die Arbeit nicht nur sehr erschwerte, sondern auch für die Arbeiter, falls ein plötzlicher Einbruch geschah, lebensgefährlich werden konnte; man hielt es daher für gerathen, das gußeiserne Rohr vor weiterer Fortsetzung des Versenkens durch ein Gewölbe aus Bruchstein in Cement mit 1,94 Meter Zwischenraum zu verstärken, und dieses hielt, obgleich es in einer wahren Fluth von Wasser und Schlamm ausgeführt werden mußte, wirklich den größten Theil des Wassers ab und verschaffte ein, wenn auch nicht leichtes, so doch sicheres Weiterarbeiten.

Im November 1859 wurde das zweite Rohr versenkt, wobei wie vorher verfahren wurde; das Auspumpen wurde aber immer schwieriger, die Kolben nutzten sich in dem sandigen Wasser so rasch ab, daß sie alle 24 Stunden erneuert werden mußten, und man hatte in der letzten Zeit täglich nicht mehr als zwei Stunden wirkliche Zeit zum Arbeiten auf dem Boden der Verrohrung, auch wurden die Bruchstücken der alten, sich unter das Rohr schiebenden Röhren sehr lästig. Endlich erreichte der untere Theil dieses Rohres im November 1859 die pisolithischen Kalksteinschichten und drang 0,5 Meter tief darin ein. Man versenkte nun in der Axe des Bohrlochs ein 1,7 Meter weites und 5 Millim. starkes Rohr und goß den Zwischenraum zwischen diesem und den vorher versenkten Rohren mit Portlandcement aus, wodurch ein vollkommen dichter Mantel erzielt wurde, in welchem man das Auspumpen bis zu 5 Meter in den Kalkstein hinein ausführen konnte. Diese vollkommen gelungene Reparatur hatte 240000 Francs und 20-monatliche Anstrengungen gekostet.

Will man sich den damaligen Zustand der Arbeiten vergegenwärtigen, so denke man sich einen 4 Meter im Quadrat großen, 18 Meter tiefen Schacht im Kalkstein, darunter auf 25 Meter Tiefe im Thon eiserne Verkleidungsrohre, wovon jedes tiefere etwas enger, als das nächst obere ist und in dieses einige Centimeter hoch hineinragt, ungefähr wie die Auszüge eines Perspectivs. In der Mitte dieser Rohre befindet sich eine engere eiserne Röhre und der ganze Raum zwischen dieser und der ersterwähnten Verkleidung ist mit steinhart gewordenem Cementmörtel ausgefüllt.

Anfangs 1860, nach zweijähriger Unterbrechung begannen die Bohrarbeiten wieder, indem man das alte, 528 Meter tiefe Bohrloch ausräumte und dann die Bohrung bis zu 540 Meter Tiefe bis in das Niveau des Gault fortsetzte. Man hielt es nun für angezeigt, die definitive Verrohrung aus mit Eisenringen gebundenen und der Länge nach durch Blechstreifen verbundenen Holzdauben zu versenken. Sie trug am unteren Ende eine messingene Laterne, welche das aus dem Sande zudringende Wasser eintreten lassen sollte; diese 0,78 Meter weite, äußerlich

0,94 Meter messende Röhre sollte das Gebirge gegen das vorquellende Wasser schützen und Letzteres verhindern, sich auf den wasserdurchlässigen Schichten zu verlieren.

Ende 1860 begann das Einlassen der Röhren, welche eine auf der andern befestigt wurden, und man bediente sich dazu zweier starker horizontaler Bremse. Im April 1861 war das untere Ende in 549,5 Meter Tiefe angelangt, als es trotz alles darauf ausgeübten Druckes und trotz fortwährenden Ausräumens im Gaultmergel sitzen blieb. Das Bohren wurde nun bis zu 559 Meter Tiefe fortgesetzt; da aber Nachfall entstand, so fürchtete man, ohne weitere Verrohrung nicht fortfahren zu dürfen, und bestellte ein 52 Meter langes, 2 Millim. starkes, im Lichten 0,7 Meter weites Blechrohr, während man inzwischen ein nur 30 Centim. weites Versuchsbohrloch niederstieß. In der Nacht vom 25. zum 26. Mai 1861 traf man in 576,7 Meter Tiefe die erste Wasserader, welche sich bis zur Mündung des Bohrloches erhob, aber nicht emporsprang. Man mußte also noch tiefer bohren. Als das 0,7 Meter weite Blechrohr fertig war, zog man das 0,3 Meter weite Rohr des Versuchsbohrloches heraus und ließ ersteres hinab, was bis zu 555 Meter Tiefe ohne Schwierigkeit und dann bis zu 579,5 Meter Tiefe mittelst Ausräumen im Innern und Schlagen auf das obere Ende bewirkt wurde.

Als dieses Rohr wieder stockte, bohrte man ohne Rohr weiter und traf am 24. September 1861 bei 586,5 Meter Tiefe eine zweite Sandschicht, deren Wasser mit Gewalt emporstieg und viel Sand und schwarzen Thon bei sich führte. Die Quantität des Wassers wurde auf ca. 20000 Cubikmeter in 24 Stunden geschätzt und die Qualität ebenso wie beim Greneller Brunnen befunden. Dagegen fiel die Ergiebigkeit des Letzteren, welche bis dahin constant 900 Cubikmeter betragen hatte, 36 Stunden später bis auf 806 und noch weiter bis auf 615 Cubikmeter in 24 Stunden, während das Bohrloch zu Passy (in 53,3 Meter absoluter Höhe) bei 16500 Cubikmetern stehen blieb.

Um nun zu erfahren, wie groß die Ergiebigkeit bei verschiedenen Steighöhen sei, verlängerte man die Steigröhre und fand das Darcy'sche Gesetz von der Proportionalität der Abnahme mit der Steighöhe bestätigt. Bei 24 Meter wahrer Steighöhe (77,15 Meter absoluter Höhe) fiel die Ausflußmenge auf 6200 Cubikmeter, sodaß man den Ausfluß bei der geringeren Höhe beibehielt und die Wasser nach dem Boulogner Hölzchen dirigirte.

Die Wassermenge blieb sich einige Zeit gleich und nahm dann in der Mitte des Jahres 1864 fast bis auf Null ab. Außer der constanten allmäligen Abnahme beobachtete man auch heftige Schwankungen mit getrübtem, fast schwarz werdendem Wasser, was durch Nachstürzen von Thon am Fuße der Rohre bewirkt zu werden schien.

Da das Bohrloch zu Grenelle trotz seiner höheren Lage fortwährend Wasser hergab, so war es augenscheinlich, daß bei dem Passyer Bohrloch kein Versiegen des Wassers, sondern nur ein Leckwerden der Ausfütterung stattgefunden habe, zumal da die Brunnen in der Nähe ein Steigen des Wasserspiegels um mehrere Meter und eine Erhöhung der Temperatur von 12 auf 27° in der Nähe und auf 18° bei 1500 Meter Entfernung zeigten.

Die Wasserabnahme konnte theils davon herrühren, daß das erbohrte Wasser einen Ausweg in dem ringförmigen Raum zwischen dem Bohrloch und dem Futter gefunden und diesen allmälig erweitert hatte, theils von einer Menge undichter Stellen in der ganzen Röhrentour, durch welche das Wasser theils in die Kreide, theils innerhalb des eben erwähnten ringförmigen Raumes nach dem oben beschriebenen Hilfsschacht von 1,7 Meter Weite austreten konnte. Gleich nach dem Emporspringen des Wassers und bevor man noch Zeit hatte, dasselbe in den nächsten Canal zu leiten, war dieser Hilfsschacht mit dem vom Wasserstrahle fortgerissenen Sande ausgeschlemmt worden und das Wasser konnte hier durchdringen und sich über die eisernen Röhren bis in den Grobkalk erheben. Man hatte zwar einen Brunnenschacht in Mauerung um den obern Theil des Futters aufgeführt, um dieses zu verstärken und gegen das Zusammendrücken zu schützen, sowie um die Verluste bei den vorgenommenen Wassermessungen zu vermeiden, indessen konnte sich dieser Brunnenschacht, welcher auf dem Rande des Hilfsschachtes ruhte, verschoben haben und dem Wasser Ausgänge bieten. Man hielt es also für's Beste, entweder eine neue Verrohrung von der Oberfläche bis in die Wasserader nieder zu senken, oder die jetzige Verrohrung in der Tiefe der tertiären Bildungen, welche nach Elie de Beaumont allein nur wasserdurchlässig sind, äußerlich auszubessern.

In dieser schwierigen Lage hielt es die Commission für angezeigt, sich bei praktisch erfahrenen Bohringenieurs Rath zu erbitten, und die Herren Mulot, Degousée, Dru und Charles Laurent erklärten einstimmig, daß die Ausfütterung von Holz keine Sicherheit biete, weil directe Versuche gezeigt hätten, daß derartige Rohre bei mehr als 1 Atmosphäre Druck Wasser durchließen, daß aber andrerseits das 0,7 Meter weite, durch den Gault zusammengedrückte Rohr dem aufsteigenden Wasser keinen Ausgang gestatten könne, wogegen der Raum zwischen seiner äußern Umfläche und der innern Fläche der Verkleidung dem Wasser wohl einen Weg bieten könne, um in das Kreidegebirge, sowie in die Tertiärschichten zu gelangen und sich dort zu verlieren, daß sie daher empfehlen zu müssen glaubten, man solle das 0,7 Meter weite Rohr herausreißen und die Thonlage vorquellen lassen, dann ein neues dichtes Blechrohr von 590 Meter ungefährer Länge niederstoßen und

es ist wenig angenehm zum Trinken, selbst wenn es abgekühlt ist, denn es hält zu viel Thon und zu wenig Sauerstoff. Gleich nach dem Austritt findet man von Letzterem nur 1,92 Cubikcentimeter im Liter, was aber nach 30 Minuten auf 5,7, nach 1 Stunde auf 7,3, nach 2 Stunden auf 8,6 und nach 10 Stunden auf 9,17 Cubikcentimeter steigt. Die Kohlensäuremenge bleibt sich gleich, aber die Stickstoffmenge nimmt etwas ab.

Vergleicht man die Gestehungskosten der verschiedenen Wasserzugänge von Paris, so zeigt sich Folgendes:

Wasser des Ourcqcanales . .	(52 Meter Höhe)	0,05 Franc pro Cubikmeter.
„ der Seine	(82 „ „)	0,05 „
„ desgl.	(53 „ „)	0,04 „
„ der Dhuys	(108 „ „)	0,056 „
„ der Vanne	(70 „ „)	0,04 „
„ des Passyer Bohrlochs	(53 „ „)	0,01 „

Mit Benutzung der gesammelten Erfahrungen wird man neue artesische Brunnen mit geringeren Kosten abbohren können, aber es steht zu befürchten, daß sie die Ergiebigkeit der älteren beeinträchtigen dürften, und es läßt sich demnach eine Stadt wie Paris keineswegs blos mittelst artesischer Brunnen versorgen.

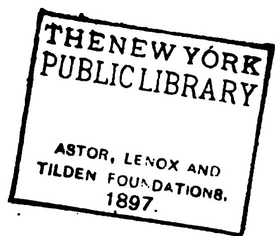
Das erbohrte Wasser ist übrigens, wie bemerkt, zu häuslichen Zwecken wenig geeignet und kann mit Quellwasser nicht concurriren; ist auch nach 9 Jahren Arbeit und 5 Jahren des Springens noch nicht abgeklärt genug, um verkäuflich zu sein. In Paris dient dieses Wasser besonders zu industriellen Zwecken, wo reine und warme Wasser gesucht sind. Deshalb hat man auch nur in den industriellen Stadttheilen zwei neue Bohrungen, zu la Villette und la Butte aux Cailles, angefangen und wird sicher nicht eher mehr unternehmen, als bis man darüber beruhigt sein kann, daß diese den älteren Bohrbrunnen keinen wesentlichen Eintrag thun.

Der Durchmesser der neuen Bohrlöcher wird größer genommen als zu Passy, um tiefer in den Grünsand abteufen zu können und doch einen solchen Querschnitt zu behalten, daß das Wasser nicht zu rasch aufsteigt und nicht soviel Sand und Thon mitnimmt. Zu Grenelle hat der aufsteigende Strahl erst alle leichteren Massen mit in die Höhe genommen, bis im Tiefsten des Bohrloches nur eine Art steinerner Kessel übrig geblieben ist; da hier das Wasser mit geringer Geschwindigkeit in's Rohr eintritt, so fließt es nunmehr oben auch vollkommen hell ab. Diese Helligkeit ist bei dem Passyer Bohrloch noch nicht eingetreten, ob es gleich weiter ist, und es werden bis dahin vielleicht noch Jahre vergehen.

(Nach dem Bulletin de la Société d'Encouragement. Aout 1866.)

Leipzig, Druck von A. Th. Engelhardt.

Literatur- und Notizblatt.





Register zum Literatur- und Notizblatt des zwölften Bandes des Civilingenieur.

I. Sachregister.

(Die Nummern bedeuten die Seitenzahlen.)

II. Namenregister.

III. Verzeichniß der Zeitschriften, über welche Referate gegeben worden sind.

IV. Verzeichniß der besprochenen Werke.

Literatur- und Notizblatt

zu dem zwölften Bande des

Civilingenieur.

№ 1.

Literatur.

Oesterreichische Eisenbahnen, entworfen und ausgeführt in den Jahren 1857 bis 1867 unter der Leitung von Carl von Etzel, Ritter des kaiserl. österreichischen Ordens der eisernen Krone, des königl. württembergischen Kronordens und des großherzogl. badischen Ordens vom Zähringer Löwen; Commandeur des kaiserl. mexicanischen Guadalupe-Ordens, des kaiserl. russischen St. Annen-Ordens II. und des königl. württembergischen Friedrichsordens II. Abtheilung I. Organisation des Baudienstes der Kaiser-Franz-Joseph-Orientbahn. Band III. Normalplane für den Hochbau. Atlas mit 45 lithographirten Tafeln. Wien 1865. Verlag der Beck'schen Universitäts-Buchhandlung (Alfred Hölder.) London, Williams & Norgate, 14. Henrietta-Street, Covent Garden. Paris, C. Reinwald, Rue des Saints-Pères. 15.

Vorliegender Band des großen, von uns in diesen Bl. schon mehrfach besprochenen Werkes über die österreichischen Eisenbahnen, ist leider wohl das letzte eigenhändig durchgesehene Werk des berühmten Verfassers, da er bekanntlich vor Kurzem noch in bester Manneskraft verschieden ist. Wir erhalten in demselben einen vortrefflich gezeichneten Atlas über alle Arten von Hochbauten, welche beim Eisenbahnwesen vorkommen, und zwar die Normalplane für die Kaiser-Franz-Joseph-Orientbahn. Den Wärterhäusern sind zwei, den Aufnahmegebäuden achtzehn Tafeln, den Locomotivschuppen zwei, den Wagenremisen eine, den Güterschuppen zwei, den Wasserstationsgebäuden zwei, den Reparaturwerkstätten vier, den Materialienmagazinen zwei, den Wohngebäuden fünf und den Nebengebäuden zwei Tafeln gewidmet, der Rest der Tafeln enthält sonstige nothwendige Anlagen für Bahnhöfe. Eisenbahn-Architekten werden diese von einem so ausgezeichneten Eisenbahningenieur und Architekten entworfenen Normalplane, bei denen mehr auf innere Brauchbarkeit als Eleganz gesehen worden ist, mit größtem Nutzen studiren, und dieselben wohl nicht selten zum Muster nehmen können, wenn auch nicht überall gleiche Bedingungen und Verhältnisse, wie bei der genannten Bahn vorliegen.

Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie. Mit Anwendungen auf die der Wärmelehre angehörigen Theile der Maschinenlehre, insbesondere auf die Theorie der calorischen Maschinen und Dampfmaschinen. Von Dr. Gustav Zeuner, Professor der Mechanik und theoretischen Maschinenlehre am eidgenössischen Polytechnikum zu Zürich. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Erste Hälfte. Mit zahlreichen, in den Text eingedruckten Holzstichen. Leipzig, Verlag von Arthur Felix, 1865.

Nach Verlauf von nur fünf Jahren begrüßen wir hier die zweite Auflage des oben genannten Buches; dasselbe hat aber nicht blos ein stattlicheres Kleid angezogen, sondern es ist ein neues Werk geworden. Wenn die erste Auflage dazu dienen sollte und gedient hat, eine damals nur dem Gelehrten zugängliche Lehre zu popularisiren und ihr Eingang im Kreise der Mechaniker zu verschaffen, so empfangen wir jetzt ein Werk, welches die Wärmetheorie streng wissenschaftlich behandelt, darthut, daß diese Lehre bereits fest begründet ist, und den Weg zeigt, wie die einschlagenden Abschnitte der Maschinen-Mechanik im Sinne der mechanischen Wärmetheorie zu behandeln sind. Trotz dieser wesentlich verschiedenen Auffassung haben aber die „Grundzüge" keineswegs an derjenigen Klarheit und Einfachheit der Darstellung verloren, welche die erste Auflage auszeichnete; es bleibt dieses Werk vielmehr das geeignetste Lehrbuch für Jeden, der sich mit diesem Wissenszweige bekannt machen will — und kein Mechaniker darf versäumen, denselben ernst zu studiren, da er, wie auch das vorliegende Heft schon vielfach darthut, außerordentlich fruchtbar für die Maschinen-Mechanik ist, und in der That gar nicht mehr entbehrt werden kann. Was den Inhalt der ersten Lieferung anlangt, so finden wir darin zunächst eine sehr interessante Einleitung über die Wärme und dergleichen, dann im ersten Abschnitte, der sich hauptsächlich an die Rankine'sche Behandlung der Wärmetheorie anschließt, die Ableitung der Hauptgleichungen und im zweiten Abschnitte die Untersuchungen über das Verhalten der permanenten Gase. Letzterer Abschnitt enthält mehrere Capitel von nicht nur großer wissenschaftlicher, sondern auch großer praktischer Bedeutung, z. B. über den Ausfluß der Gase, über die calorischen Maschinen und deren Wirkungsgrad und dergleichen und wird, wie wir schon oben bemerkten, gewiß jeden vorwärtsstrebenden Techniker überzeugen, daß er der Kenntniß der mechanischen Wärmetheorie nicht mehr entbehren kann.

Die Festigkeitslehre mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse des Maschinenbaues. Abriß von Vorträgen an der polytechnischen Schule zu Carlsruhe von Dr. F. Grashof. Mit 40 in den Text eingedruckten Holzschnitten. Berlin, 1866. Verlag von Rudolph

Gärtner (Amelang'sche Sortiments-Buchhandlung). Leipziger Straße Nr. 133.

In Bezug auf die Art und Weise der Behandlung des vorgetragenen Stoffes schließt sich die Grashof'sche Festigkeitslehre eng an das vorherbesprochene Zeuner'sche Werk an, nur ist dieselbe kein eigentliches Lehrbuch zu nennen, da großentheils die mathematischen Entwickelungen nicht durchgeführt, sondern blos angedeutet sind, ist vielmehr hauptsächlich bestimmt, den Zuhörern des gelehrten Herrn Verfassers als ein Leitfaden zu dienen, in welchem einerseits die leitenden Prinzipien und andrerseits die Resultate der Untersuchungen mit mehr Vollständigkeit und Genauigkeit angegeben sind, als sie beim Nachschreiben aufgefaßt werden können. Das Verständniß dieses Werkes setzt schon einen höheren Grad von mathematischer Bildung und wissenschaftlichem Ernst voraus, sodaß es sehr wesentlich von der jetzigen Richtung der für Techniker bestimmten Lehrbücher der angewandten Mathematik abweicht. Es ist hier nicht der Ort, zu erörtern, ob diese neuere Anschauungs- und Behandlungsweise der Mechanik für Schulen eine fruchtbarere sein werde, die Bemerkung aber möchten wir nicht unterdrücken, daß es einen gewissermaaßen betrübenden Eindruck macht, wenn man sieht, daß alle diese gelehrten Untersuchungen schlüßlich doch bei den Anwendungen nichts Neues ergeben, sondern am Ende nur auf die Redtenbacher'schen Coefficienten hinauslaufen. Durch diese Bemerkung wird übrigens selbstverständlich der hohe wissenschaftliche Werth des vorliegenden Werkes nicht im mindesten alterirt, vielmehr dürfte Demjenigen, der die Theorie der Festigkeit gründlich studiren will, kein anderes Werk angelegentlicher zu empfehlen sein.

Theorie und Bau der Rohrturbinen im Allgemeinen und der sogenannten Jonval-Turbinen insbesondere, mit Berücksichtigung der Resultate zahlreicher selbstabgeführter Versuche, von Peter Ritter von Rittinger, k. k. Ministerialrath in Wien. Mit 6 Figurentafeln. Zweite, ganz umgearbeitete und vermehrte Auflage. Prag 1865. Verlag von Fr. Aug. Credner, k. k. Hof-Buch- und Kunsthändler.

Dieses Werkchen, dessen erste Auflage im Jahre 1861 erschien und in diesen Bl. besprochen wurde, hat in der neuen Auflage sehr wesentlich gewonnen. Namentlich ist die Theorie dadurch vervollständigt worden, daß bei derselben die Bewegungshindernisse sogleich bei der Entwickelung mit berücksichtigt werden, daß der zweckmäßigsten Krümmung der Radschaufeln ein besonderer Abschnitt gewidmet ist, und daß die verschiedenen möglichen Turbinensysteme ausführlicher discutirt werden. Außerdem wird über eine große Zahl neuer Versuche mit nach der Rittinger'schen Theorie construirten Turbinen referirt, was Gelegenheit zur Prüfung derselben und zur Auffindung wichtiger Constructions-Coefficienten giebt. Endlich ist der Partialturbinen ausführlicher gedacht worden, wobei sich mancherlei Verbesserungen der früheren Theorie ergeben haben. Die mit den neueren Versuchsrädern erzielten Resultate sind recht befriedigend zu nennen.

Die Formen der Walzkunst und das Façoneisen, seine Geschichte, Benutzung und Fabrikation für die Praxis der gesammten Eisenbranche dargestellt von Eduard Mäurer, Ingenieur. Zweite Lieferung. Nebst Atlas mit 2 Walzenzeichnungen, 22 Tafeln mit Façoneisenprofilen in natürlicher Größe und einer dem Texte beigehefteten Querschnittstafel. Stuttgart. Verlagsbuchhandlung von Carl Mäcken. 1865.

Diese Lieferung von Mäurer's Formen der Walzkunst enthält mehrere Hundert Profile von Einfach-T-Eisensorten der Actiengesellschaften Phönix in Ruhrort, Eisenindustrie zu Styrum, der Steinhauser Hütte u. s. w., dann Doppel-T-förmige Trägereisen von rheinischen und westphälischen, französischen und belgischen Werken, sogenannte Zorèseisen und englische Profile, Profile von hohen Eisenbahnschienen, Schiffsrippeneisen, F- und Zförmigen Trägern, von U- und ⊓-förmigen Trägereisen und dergleichen mehr, sämmtlich in natürlicher Größe mit beigeschriebenen Maaßen und Gewichten. Der Text verbreitet sich zunächst über das Geschichtliche, dann über die Anwendungen (unter Angabe vieler Belastungsproben), besonders auch für den eisernen Oberbau der Eisenbahnen, und handelt hierauf kurz über Festigkeit und Elasticität des Eisens und die Berechnung der Träger.

Ingenieur-Kalender für Maschinen- und Hüttentechniker. 1866. Eine gedrängte Sammlung der wichtigsten Tabellen, Formeln und Resultate aus dem Gebiete der gesammten Technik nebst Notizbuch. Unter gefälliger Mitwirkung des Westphälischen Bezirksvereins deutscher Ingenieure bearbeitet von P. Stühlen, Ingenieur. Essen, Druck und Verlag von G. D. Bädeker.

Zum ersten Male erscheint hier in bequemer und eleganter Ausstattung ein Kalender für den Maschinenbauer und Hüttentechniker, welcher außer dem für den täglichen praktischen Gebrauch eingerichteten Notiz- und Taschenbuche eine gedrängte Sammlung von Tabellen und Formeln, wie sie zu schnellen Ueberschlagungen auf Reisen und in der Fabrik unentbehrlich sind, bietet. Diese Sammlung ist keineswegs blos aus andern ähnlichen Werken abgeschrieben, sondern enthält manches Neue, dürfte indessen hie und da noch zu vervollständigen sein. Sehr spärlich ist z. B. die Hydraulik behandelt, auch dürften bei den einfachen Maschinentheilen Gewichtstafeln hinzuzufügen sein, ebenso sind der 21. und 22. Abschnitt etwas dürftig ausgefallen, was indessen leicht bei späteren Auflagen ergänzt werden kann. Eine angenehme Zugabe ist die kleine Eisenbahnkarte von Mittel-Europa, auch dürfte es sich wohl empfehlen, etwas carrirtes Papier zum Skizziren beizufügen. Kurz, wir glauben, daß in diesem Büchelchen der richtige Weg zu einem praktischen Ingenieur-Kalender betreten worden ist.

Hülfstafeln zur Berechnung eiserner Träger und Stützen. Für den praktischen Gebrauch berechnet von G. Aßmann, Königl. Bau-Inspector. Mit 132 Holzschnitten. Berlin, Verlag von Ernst & Korn (Gropius'sche Buch- und Kunst-Handlung). 1865.

Im Jahre 1861 erschienen über denselben Gegenstand die auch in d. Bl. besprochenen Cohen'schen Tabellen (Leip-

zig, Arnoldische Buchhandlung), welche sich aber nur auf gußeiserne Träger beziehen und auch nur den Fall behandeln, wo der Träger an seinem einen Ende befestigt ist. Die vorliegenden Tabellen erstrecken sich auch auf gewalzte schmiedeeiserne Träger und auf gußeiserne Stützen, sind also von allgemeinerer Nützlichkeit, ersparen dagegen nicht alle Rechnung, indem sie blos das Widerstandsmoment, den Querschnitt und das Verhältniß dieser beiden Größen geben. Ein Zahlenbeispiel, welches am Ende vorgeführt wird, lehrt die Benutzung dieser Tabellen, welche für Baumeister und Constructeurs von sehr großem Nutzen sein werden, auch sind in der Einleitung die Prinzipien angegeben, welche bei der Berechnung dieser Tabellen zu Grunde gelegt wurden.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins. XVII. Jahrgang, 1865. Heft 1—5.

Die Saint Louis-Brücke in Paris. — Beschreibung der im 10. Bande dieser Zeitschrift bereits nach derselben Quelle mitgetheilten schmiedeeisernen Bogenbrücke.

Clausius, Zuggeschwindigkeitsmesser. — Für die Construction derartiger Apparate liegt die Schwierigkeit in der ungleichmäßigen Bewegung des Rades und in dem Spiel der Federn, bei dem neuen Apparate werden aber die Umdrehungen des Rades mittelst des Telegraphenapparates von Morse mit doppelten Stiften notirt, wovon der eine die Secunden, der andere die Umdrehungen des Rades aufschreibt. Zur Bewegung dient eine im Sitze eines Wagens erster Klasse untergebrachte Daniell'sche Batterie mit 6 Elementen, wovon 1 für den Secundenstift, 3 für den Umdrehungszahlenstift und 2 für den Aufwickelungsapparat des Papierstreifens bestimmt sind. Die Uhr geht 32 Stunden und die Streifen, von denen 400' in 7 Stunden erforderlich sind, werden genügend lang eingerichtet. Während des Ganges des Zuges entstehen auf dem Papier Punkte, beim Stationiren lange Striche oder Pausen, beim Verschieben des Zuges auf einer Station Punkte in auffallend weiten Abständen von einander. Construirt werden derartige Apparate von Mayer & Wolf, Wien, Schottenbastei Nr. 5.

Fehringer, über Woolf'sche Maschinen. — Dieses Dampfmaschinensystem, welches sich durch größere Gleichförmigkeit des Ganges und, weil in Folge dieser Eigenschaft die Expansion weiter als bei andern Maschinen getrieben werden kann, auch durch größere Brennmaterialersparniß auszeichnet, verlangt andrerseits bessere Ausführung und Wartung, als einfachere Dampfmaschinensysteme, wird auch in der Anschaffung kostspieliger und ist deshalb namentlich nur für starke Maschinen zu empfehlen. Derartige Maschinen werden am besten als Balanciermaschinen gebaut, weil sich in diesem Falle auch die Condensation bequem mit anbringen läßt. Während bei der eincylindrigen Maschine der Druck auf den Kurbelzapfen am Ende des Hubes $= \frac{Fp}{n}$ ist, wenn F die Kolbenfläche, p den Dampfdruck pro Flächeneinheit und n das Expansionsverhältniß bedeutet, so ergiebt er sich bei der Woolf'schen Maschine mit zwei Cylindern $= Fp.\frac{2n-1}{nn_1}$, wenn n_1 das totale Expansionsverhältniß, n das Verhältniß der Volumina der beiden Dampfcylinder bedeutet. Während bei der ersten Art von Maschinen die Differenz der Drücke am Anfange und am Ende des Hubes $= Fp\left(\frac{n-1}{n}\right)$ ist, erhält man bei der Woolf'schen Maschine blos die Differenz: $Fp\left(\frac{n^2-3n+n_1+1}{nn_1}\right)$, welche für $n = \sqrt{n_1+1}$ ein Minimum wird und innerhalb der praktisch anwendbaren Expansionsgrade ziemlich constant $= \frac{1}{3}Fp$ ist. Zur Verminderung des Druckes in der Balancieraxe kann man den kleinen Cylinder auf die Seite der Kurbelwelle legen; den geringsten Druck auf den Kurbelzapfen erhält man bei einem Cylinderverhältniß $n = \sqrt{n_1}$. Legavrian und Farineaux in Lille bauen auch direct wirkende Woolf'sche Maschinen, deren Cylinder mit ihren Kolbenstangen auf zwei unter 158° gegeneinander verstellte Kurbeln an der Schwungradwelle wirken, und die Londoner Ausstellung zeigte bekanntlich ein Paar liegende Maschinen von Carrett, Marshall & Comp. und von May, Walker u. Comp. nach Woolf'schem Prinzip, auch hat Herr Kley in Cöln das Woolf'sche Prinzip auf einfach wirkende Wasserhaltungsmaschinen (s. Civilingenieur, Bd. 6), und Escher, Wyß & Comp. dasselbe auf Schiffsmaschinen angewendet, aber im Ganzen sind derartige Anwendungen nur erst vereinzelt vorgekommen.

Fairbairn's Versuche über die Tragfähigkeit eiserner Träger. — Ueber diese Versuche ist in Band 10 des Civilingenieur, S. 509, ausführlicher Bericht erstattet worden.

Fillunger, über die Asphaltbelegung der Aspern-Brücke. — Die hölzerne Bedielung der genannten Brücke wurde zu unterst mit einer 6 Linien starken, etwas elastischen und darüber mit einer 11 Linien dicken, spröderen (mit weniger Asphalttheer versetzten) Asphaltschicht belegt, wobei pro Quadratklafter 618 Pfd. einer Mischung aus 44½ Proc. Saalfelder, 18,2 Proc. Dalmatiner, 7,6 Proc. ausgearbeitetem Asphalt, 0,7 Proc. französischem Asphalttheer und 29 Proc. reinem Kiessand verbraucht wurden. Diese Asphaltmasse wurde heiß aufgestrichen und mit einer hölzernen Walze glatt gewalzt, wodurch sie das specifische Gewicht 2,26 annimmt. Bei dieser Arbeit findet ein Verlust von 12,5 Proc. statt. Was den Saalfelder Asphalt anlangt, so wird derselbe aus Asphaltstein erzeugt, welcher zu Saalfeld in Tyrol bergmännisch gewonnen, hierauf in Flammöfen bis zu einer dickflüssigen Masse geschmolzen und in 83 Pfd. schweren Ziegeln von 47 Cent. Länge, 31,6 Cent. Breite und 14,5 Cent. Stärke in den Handel gebracht wird. Der Dalmatiner Asphalt heißt im Handel meist Asphalt von Isola Brazza oder Sebanico und wird in 68½ Pfd. schweren Ziegeln versandt; er hat ein geringeres specifisches Gewicht, als der Saalfelder. Der beste Asphalttheer ist der französische; er ist unentbehrlich zum Kochen des Asphaltes, kommt aber dreimal so hoch zu stehen, als der Asphalt.

Salzmann, über Betonbau. — Der Herr Verfasser empfiehlt für Wien, wo wegen der Menge der Bauten die

Bruchsteine zu den Fundamenten rar und theuer zu werden anfangen, den Betonbau als Ersatz und beschreibt näher die mit diesem Material aufgeführten Bauten an der Pulverfabrik Stein bei Laibach. Bei diesem Bau wurde ein Beton verwendet, welcher aus 1 Th. hydraulischem Kalk, 1 Th. Wasser, 2 Th. Sand und 4 Th. geschlägeltem scharfen Schotter bestand und durch Stampfen auf 61,5 Proc. seines ursprünglichen Volumens comprimirt wurde. Bei der Bereitung des Betons per Hand wurden durch 2 Arbeiter mit Krücken 1/2 Cubicfuß Kalkmehl und 1 Cubicfuß Sand trocken gemengt, dann 1/2 Cubicfuß Wasser zugegossen und so lange gemengt, bis der Mörtel ganz gleichförmig und wenig flüssig erschien, ehe die fehlenden 2 Cubicfuß Schotter dazu geschüttet und durch sorgfältiges Durcharbeiten damit eingehüllt wurden. In 12 Stunden können zwei Mann (unterstützt von drei Handlangern, zur Zuförderung der Materialien) 3,42 Cubikmeter starren oder 5,55 Cubikmeter frischen Beton fertigen und zur Verarbeitung der von vier Mann gelieferten Betonquantität sind drei Handlanger zum Transport bis zum Orte der Verwendung und sechs Handlanger zum Stampfen (in Lagen von 8 bis 10 Centimetern) erforderlich, so daß pro Cubikmeter starrer Masse annährend 6 Tagewerke zu rechnen sind. Zu Stein wurde aber auch eine Maschine zu continuirlicher Betonbereitung aufgestellt und mit dieser wurden in 12 Arbeitsstunden die Massen zu 6,8 Cubikmeter starrer Betonmasse bearbeitet, während zur Bedienung derselben erforderlich waren 6 Mann am Schwungrad der Mörtelmaschine, 2 Mann zum Aufgeben von Sand und Kalk, 2 Mann zum Wasserschöpfen, 2 Mann zum Schotteraufgeben, 4 Mann am Schwungrad der Betonmaschine, 6 Mann zur Ablösung, 6 Mann zur Schotterzufuhr, 3 Mann zur Sand- 2 Mann zur Kalkzufuhr, und 2 Mann zum Betonwegräumen, im Ganzen also 35 Mann. Hiernach kommen bei der Maschine ungefähr 5 Tagewerke auf 1 Cubikmeter feste Betonmasse und es ergiebt sich bei der Maschine eine Ersparniß von 1 Tagewerk pro Cubikmeter. Diese Maschine besteht aus einer Mörtelmaschine und einer dicht daneben stehenden Betonmaschine. Erstere ist eine 3,16 Met. lange, 0,5 Met. weite, unter 15° gegen den Horizont geneigte Trommel aus weichen Pfosten, welche des besseren Ausräumens halber nach Lösung einiger Reife in zwei Hälften gelegt werden kann und eine 16 Centimeter starke hölzerne Welle mit 40 Stück 13 Centimeter langen eisernen nach einer Spirallinie gesetzten Spitzen am oberen Ende und 32 Stück 13 Centimeter langen und 10,5 Centimeter breiten eisenblechernen Schaufeln am untern Ende umschließt. Am oberen Ende werden mittelst eines Füllrichters tactmäßig von zwei Mann Sand und Kalk aufgegeben, welche bei der Drehung der Welle unter fortwährendem Wasserzufluß zum besten Mörtel gemacht werden und unten austreten. Die Betonmaschine besteht ebenfalls aus einer 3,16 Met. langen, 0,63 Met. weiten unter 15° geneigten Trommel und einer 16 Centimeter starken hölzernen Welle mit 13 Stück 8 Centimeter starken hölzernen Armen; sie wird mittelst Treibriemen gedreht und vermengt dabei den aus der Mörtelmaschine kommenden Mörtelbrei aufs Vollkommenste mit dem durch zwei Mann tactmäßig aufgegebenen Schotter. Der erzeugte Beton muß sogleich verarbeitet werden, weshalb die Maschine nur für große Bauten anwendbar ist. Ist er bereits erhärtet und man will neuen Beton damit verbinden, so muß man ihn aufspitzen und gut anfeuchten. Zur Formung des Betons wendete man zu Stein 26 bis 33 Millimeter starke Breter an, welche in Abständen von ca. 1 Meter durch Ständer gehalten wurden; diese Einschalungen konnten aber sogleich nach dem Erhärten des Betons (also nach 2 bis 3 Tagen bei kleinen, nach 3 bis 10 Tagen bei größeren Massen) weggenommen werden, worauf man die Holztextur ganz scharf abgedrückt zu finden pflegte. Zu Stein wurde unter andrem ein 114 Met. langes, 3,16 Met. hohes Wehr in der Feistritz in Betonbau ausgeführt, welches an der Krone 0,95, an der Sohle 9,5 Meter breit und am Fuße durch Pfähle und einen ausgepflasterten Gitterrost gegen Auskolkungen geschützt ist. Dasselbe hat bis jetzt die Stöße der bei Hochwässern herabgeschwemmten starken Gerölle und der darüber geflößten starken Scheite und Sägeklötze ohne Beschädigung ausgehalten. Ebenso wurden mehrere Ueberfallswehre, welche den Fluß einzuengen bestimmt sind, in dieser Weise gebaut und auch die Aufschlagsgraben und Abzugsgraben sind in Beton gemauert. Der Aufschlagsgraben hat z. B. bei 4,4 Met. Breite und 1,4 Met. Tiefe an den mit 0,24 Met. Böschung abgeflachten Wänden eine oben 0,316, unten 0,552 Met. starke Bekleidung von Beton, und auf der Sohle eine 0,24 Met. starke Betonlage erhalten. Auch hat man eine 3,792 breite, mit 60—80 Ctr. schweren Wagen zu befahrende Brücke von 5,688 Met. Spannweite über den Graben aus Beton gebaut, wobei die Widerlager 1,58 Met. stark und 1,264 Met. hoch, das Gewölbe im Scheitel aber nur 0,8 Met. stark gemacht wurde. Setzungen wurden nicht beobachtet. Fundamente zu Gebäuden, Einfriedigungsmauern, Straßendurchlässe, Radstuben und dergleichen sind in derselben Weise hergestellt worden, ja selbst die Wege wurden, um alle Reibung verursachenden Körper zu vermeiden, mit einer 12 Centimeter starken Lage von einem hydraulischem Kalk belegt.

Wawra, über die bisherigen Vorgänge in Angelegenheiten der Donau-Regulirung bei Wien. —

Schmidt, über Winiwarter's Dachconstructionen. — Die Fabrik von J. und G. Winiwarter in Gumpoldskirchen liefert cannelirtes verzinktes Eisenblech, welches nicht nur als Deckmaterial, sondern auch als tragfähiges Constructionsmaterial sehr zu empfehlen ist. Die Dächer sind Tonnengewölbe mit einem Mittelpunktswinkel von 60 bis 80° und die Blechtafeln werden durch verzinkte Blechgurte von V förmigem Querschnitt, welche mittest gußeiserner Schuhe am Mauerwerk befestigt und durch schmiedeeiserne Stangen gespaunt werden, in Abständen von ca. 1 Meter gestützt. Letztere Gurte stehen 13 bis 20 Centimeter von den gewellten Blechtafeln ab und dienen zur Anbringung einer schlecht leitenden Lage von Lehmstaken. Der Herr Verfasser theilt eine einfache Berechnung dieser Construction und nähere Details über dieselbe, sowie Tabellen über die erforderlichen Blechdicken bei verschiedenen Spannweiten mit.

Tissot, Locomotivkesselexplosionen in England im J. 1864. — Im vorigen Jahre explodirten in England vier Locomotivkessel und zwar sämmtlich beim Stehen; der Grund der Explosionen lag meist in der Schwächung der Platten des Langkessels, theils im Abreißen der Stehbolzen. Vorstehender Aufsatz giebt nähere Details mit Skizzen.

Ueber Schuberszky's Mahovos. — Ein Gutachten des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins über diese neue Erfindung (siehe dies. Bl.) spricht sich über dieselbe nicht günstig aus, indem es hervorhebt, daß der Mahovos für Gebirgsbahnen nicht genügen, aber auch bei geringeren

Niveaudifferenzen nicht wesentlich Nutzen schaffen werde, da man bei Beibehaltung der angegebenen Dimensionen aus Sicherheitsrücksichten das verwendbare Kraftmoment der Schwungräder höchstens halb so groß annehmen dürfe, sich derselbe wegen des den Schwungrädern innewohnenden Beharrungsvermögens zum Durchlaufen von Curven nicht eigne und sich den Anforderungen der Terrainbeschaffenheit und des Verkehrs nicht anpassen lasse. Außerdem sei er zu theuer, die Uebersetzung der Kraft durch Frictionsräder sei unsicher, der Vorzug des raschen Bremsens sei blos illusorisch, da man wegen des heftigen Stoßens davon keinen Gebrauch machen könne, und endlich sei der Apparat bei vorkommenden Entgleisungen und dergleichen zu gefährlich.

Typen für gewalzte Eisenträger. — Ein vom österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein niedergesetzter Comité hat folgende 10 Profile von gewalzten T Eisenträgern zur Anwendung im Baufache für ausreichend erklärt.

Nummer.	Obere Flansche.		Untere Flansche.		Mittelrippe.	
	Breite.	Mittlere Stärke.	Breite.	Mittlere Stärke.	Höhe.*)	Stärke.
	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.
1	134	19,8	134	19,8	316	15,4
2	140	19,8	140	19,8	255	13,2
3	116,5	16,7	116,5	16,7	266	11,0
4	124	16,7	124	16,7	198	11,0
5	109	14,3	109	14,3	237	9,9
6	97	13,2	97	13,2	211	8,8
7	87	13,2	87	13,2	185	7,7
8	86	11,0	86	11,0	158	6,6
9	72,5	9,9	72,5	9,9	132	6,6
10	58	6,6	58	6,6	105,5	5,5

Hopfgartner, über Asphaltröhren und Platten. — Die Fabrik von A. Hopfgartner & Comp. zu Hall hat auf der Saline Hall Probeleitungen für Soole und Wasser, Windleitungen und dergleichen aus Asphaltröhren hergestellt und empfiehlt dergleichen Röhren wegen ihrer Indifferenz gegen alle oxydirende Einflüsse, großen inneren Glätte, geringen Wärmeleitungsfähigkeit, ewigen Dauer, Billigkeit, einfachen Verlegung, leichten Auswechselbarkeit und dergleichen. Auch Asphaltplatten, welche 7 Fl. pro Quadratklafter zu stehen kommen, sind wegen ihrer Festigkeit, großen Zähigkeit und schweren Erweichung durch Wärme den gegossenen Asphaltflächen vorzuziehen.

Gesellschaft zur Verhütung von Kesselexplosionen zu Manchester. — Mit diesem Institut wird jetzt auch eine Versicherung verbunden, indem die Gesellschaft den Theilnehmern eine Garantie von 300 Pfd. Sterl. pro Kessel leistet.

Die Triebräder der Straßenlocomotiven. — Aus dem Engineer, No. 465, 1864. Bei dieser Art von Locomotiven ist die Abnutzung der Räder viel größer, als bei den auf Eisenbahnschienen laufenden Locomotiven. Die Construction der Räder muß auch der Beschaffenheit der Straßen angepaßt werden, und die bisherigen Versuche haben gezeigt, daß 2,4 Met. Radhöhe und 23 Centimeter Kranzbreite nicht wohl überschritten werden dürfen, daß Schuhe und dergleichen Mittel wenig Effect geben, hervorragende halbrunde Köpfe aber von 2,5 Centimeter Durchmesser (60 bis 80 Stück pro Quadratmeter) sehr nützlich sind. Der Elasticität wegen sind hölzerne, in Leinöl gesottene Speichen und Felgen empfehlenswerth oder Räder aus Schmiedeeisen.

Steyrer, über Mineralöle. — Mit besonderer Rücksicht auf ihre Verwendung zur Beleuchtung.

Rebhann, Belastungsprobe an einem Schifkorn'schen Träger. — Auf dem Zöptauer Eisenwerke wurde eine nach diesem System gebaute eingeleisige Eisenbahnbrücke von 38 Met. Spannweite, welche 1070 Ctr. Constructionseisen trug, mit 3000 Ctr. belastet und zeigte 9,2 Centimeter Durchbiegung. Nach gehöriger Versteifung würde dieselbe zu Eisenbahnzwecken verwendbar gewesen sein und nur 14000 Fl. gekostet haben.

Hornbostel, über die höchste Inanspruchnahme des Eisens bei Brücken. — Aus einer Zusammenstellung über verschiedene, in neuerer Zeit gebaute Brücken ergiebt sich, daß die größte Inanspruchnahme des Eisens dabei 650 bis 800 Kilogr. pro Quadr.-Centimeter, oder ungefähr die Hälfte des Tragmoduls beträgt, und daß bei denjenigen Brücken, welche mit bedeutend größeren Inanspruchnahmen gebaut wurden, auch die Biegungen unverhältnißmäßig groß sind. Nach den Fairbairn'schen Versuchen sind Belastungen mit 1000 Kilogr. nicht mehr, solche mit 750 Kilogr. nur eben noch zulässig, bei genieteten Trägern höchstens 900 Kilogr. pro Quadrat-Centimeter.

Teirich, Benutzung der Glockensignalleitungen zu telegraphischer Correspondenz zwischen den Stationen. — Nach Vertauschung der Multiplicatoren aus starkem Drahte gegen solche aus dünnerem Drahte hat man sehr gute Resultate mit dieser Art von Correspondenz erzielt. Man gewinnt dadurch eine bessere Ausnutzung dieser Drahtleitung und kann einen zweiten Leitungsdraht für die Correspondenz ersparen, ferner wird dadurch die Einführung portativer Telegraphenapparate und die Einrichtung von Telegraphenstationen an kleinen Haltepunkten möglich.

Langer, Parallelen zum Schifkorn'schen Brückensystem und Theorie des Letzteren. — Nachdem der Herr Verfasser bereits früher Vergleichungen seines Brückensystems mit den Röhren- und Gitterbrücken, den Schnirch'schen, Pauly'schen und andern Brückensystemen gegeben hat, stellt er hier Parallelen zu Schifkorn'schen Brücken auf und kritisirt auf Grund derselben dieses Brückensystem, dessen Theorie übrigens auch entwickelt wird. Das Ergebniß dieser Erörterungen fällt durchaus nicht zu Gunsten des Schifkorn'schen Systems aus, wenn auch nur der Materialverbrauch berücksichtigt und von dessen übrigen Schattenseiten abgesehen wird.

Ueber die beste Form der Schneidestähle bei Werkzeugmaschinen. — Bei Versuchen, welche über obigen Gegenstand zu Indret in den kaiserl. französ. Marine-Werkstätten abgeführt worden sind, suchte man die günstigste Form

*) Unter Höhe ist hier die ganze Höhe des Trägers verstanden. Ausgerechnete Tabellen zeigen, in welchen Fällen und welche Profile man bei verschiedenen Belastungsweisen anzuwenden habe; da aber diese Profile sich größtentheils nur auf die von österreichischen Werken gelieferten Träger beziehen, was manche Sprünge in vorstehender Tabelle erklärt, so begnügen wir uns mit obiger Angabe.

der Schneidewerkzeuge, die vortheilhafteste Spandicke und den zweckmäßigsten Gang der Werkzeuge zu bestimmen. Bezüglich des ersten Punktes wurde beobachtet, daß der Winkel der Schneide für Schmiede- und Gußeisen nicht unter 45°, für Messing nicht unter 60° betragen darf, wenn sich der Schmiedestahl nicht spießen soll; ferner, daß die Summe aus diesem Winkel und dem Neigungswinkel des Stahles (d. h. der Winkel zwischen der oberen Seite des Stahles und der zu bearbeitenden Fläche) bei Eisen nicht geringer als 60° sein darf, wenn nicht Erhitzung eintreten soll. Für Schmiede- und Gußeisen ist 55° (Winkel der Schneide 51°, Neigungswinkel 4°), für Messing- und Rothguß 69° (Schneide = 66°) der günstigste, d. h. den geringsten Kostenaufwand zum Betriebe der Drehbank verlangende Winkel. Bei der Nuthstoßmaschine ist indessen für den Winkel der Schneiden 66° bei Eisen, 76° bei Metall und für den Ansatzwinkel 3° zu nehmen. Dasselbe gilt von den Schneiden der Bohrer, und bei Herzbohrern muß der Winkel an der Spitze 70° genommen werden. Der Einfluß dieser Winkel ist übrigens höchst bedeutend. Bezüglich der Spandicke wurde gefunden, daß dieselbe mit der Größe der Drehbank wachsen, bei ein und derselben Drehbank aber im umgekehrten Verhältniß zum Durchmesser variiren muß, und bezüglich der Geschwindigkeit ergab sich, daß die geringste Betriebskraft erforderlich ist, wenn die Geschwindigkeit pro Secunde bei Gußeisen 40, bei Schmiedeeisen 55 und bei Metall 65 Millimeter beträgt.

Schwarz, über den Indicator. — Es wird besonders der Richard'sche Indicator empfohlen, da er den Fehler der meisten derartigen Instrumente, nämlich daß durch die langen Federn starke Oscillationen hervorgerufen werden, nicht zeigt. Die Feder ist hier kurz, die kleinen Wege werden aber durch eine Hebelübersetzung ins Vierfache vergrößert, auch sind dem Instrumente neun verschiedene Federn beigegeben, um für verschiedene Eintrittsspannungen und Expansionsgrade die passendste wählen zu können. Zu beziehen sind diese Indicatoren durch Mechanikus Kraft in Wien.

Uebersicht der Dampfmaschinen in Oesterreich. — Zusammenstellung über die Jahre 1852 und 1863, aus welcher hervorgeht, daß die Zahl der Maschinen-Pferdekräfte in diesem Zeitraume auf das Sechsfache gestiegen ist. Böhmen besitzt die meisten Dampfmaschinen in Oesterreich und die Gesammtzahl der Pferdekräfte betrug im Jahre 1863 58275.

Aufzug für Baumaterialien. — Derselbe besteht aus einer starken Leiter, an deren oberem Ende parallel dazu auf der vorderen und auf der hinteren Seite Rollen befestigt sind, während am unteren Ende ein Haspel angebracht ist, dessen Welle ebenfalls parallel zur Leiter liegt. Auf den mit Eisen beschlagenen Bäumen dieser Leiter gleiten die mit Rollen versehenen Wagen auf und nieder, indem sie an einem über die beiden oberen Rollen und die Rolle am Haspel gelegten Seile ohne Ende befestigt sind, und zwar ist die Länge des Seiles so eingerichtet, daß stets ein Wagen oben ankommt, während der andere bei der Ladestelle eintrifft.

Flache eiserne Decken. — Die unterirdische Bahn in London ist zum Theil mit gußeißernen ⊥⊥ förmigen Platten überdeckt, um eine möglichst genügende Constructionshöhe zu erzielen. Bei 4,2 Met. Spannweite kommt man dann mit 0,475 Met. Constructionshöhe zwischen dem Straßenniveau und der Decke des Eisenbahntunnels aus.

Bukowsky, über das Schifkorn'sche Brückensystem. — Eingehende Kritik dieser, wie es scheint, jetzt in Oesterreich von gewissen Seiten sehr begünstigten Construction. Vortheile derselben sind: angemessene Verwendung des Materiales (Gußeisen für die gedrückten, Schmiedeeisen für die gedehnten Theile), leichte Ausführbarkeit und Aufstellbarkeit wegen der Zertheilung der eigentlichen Träger in viele gleiche Theile, daher Billigkeit; Nachtheile dagegen: die Anwendung von Gußeisen, die Unvollkommenheit der Verbindung und Druckübertragung in den vielen Theilungspunkten, die nicht unbedeutende Zahl von nichtstragenden Constructionstheilen, der Mangel der Verkreuzung in den Querträgern u. s. w. Daher spricht sich Herr B. dahin aus, daß diese Brücken in ihrer gegenwärtigen Construction durchaus nicht den Vorzug vor andern Systemen verdienten, überhaupt andern Systemen erst dann im Werthe gleichkommen könnten, wenn das Vorbild derselben, das Howe'sche System, getreuer nachgeahmt würde.

Kirkaldy, über die Eigenschaften verschiedener Stahl- und Eisensorten. — Kurzes Referat über das sehr beachtenswerthe Werk: Results of an experimental inquiry into the comparative tensile strength and other properties of various kinds of wrought-iron and steel, by David Kirkaldy. Glasgow, 1862.

Ueber Schienen aus Bessemerstahl. — Ein Comité des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins spricht sich dahin aus, daß derartige Schienen leichter als die gewöhnlichen gehalten werden könnten, und schlägt ein Profil vor, dessen Höhe = 0,12 Met., Breite im Kopf 0,058, im Fuß 0,100, mittlere Stärke im Kopf = 0,023, im Fuß = 0,010, im Steg = 0,012 Meter, Querschnittsfläche = 0,003437 Quadr.-Met., Gewicht pro Meter = 27,27 Kilogr. angenommen ist. Für die Laschen, welche 18 Mill. stark, 83 Mill. breit und so lang wie zeither sein sollen, ist eine nahezu horizontale Anschmiegung am Kopf und Fuß ins Auge gefaßt. Unter Zugrundelegung eines Eisenpreises von 7 Fl. pro Centner und eines Preises von 10 Fl. für den Bessemerstahl, sowie einer dreifachen Dauer (45 Jahre in minder frequenten, 15 Jahre in sehr frequenten Strecken) berechnet sich gegen Eisenschienen pro Jahr und Meile eine Ersparniß von 2158,38 Fl. in weniger, und von 5692,8 Fl. in mehr frequenten Strecken. Noch vortheilhafter wird Bessemerstahl bei dem Köstlin-Battig'schen eisernen Oberbau Verwendung finden.

Zeitschrift des Architekten- u. Ingenieur-Vereines für das Königreich Hannover. Band XI, Jahrg. 1865, Heft 1—3.

Treuding, über Entfernung des Grundwassers durch unterirdische Canäle. — Die Drains, welche ungefähr 1 Meter tief gelegt werden müssen, damit sie nicht ausfrieren, übrigens aber um so besser wirken, je tiefer sie liegen, sollen nach Leclerc in sandigem Boden 1,21 bis 1,46, in Thonboden 1,26 bis 1,56 und in schwammigem Boden 1,71 Meter tief gelegt werden. Die Entfernung nimmt man in England, je nachdem der Boden schwerer oder leichter ist, zu 7½ bis 30 Meter an, Vincent giebt ihnen in schwerem Boden pro Meter Tiefe 12 Meter, in durchlassenderem Boden bis zu 24 Meter Abstand. Was die Bewegungswiderstände des Wassers in solchen Röhren anlangt, so kann man bei der

Geschwindigkeit v, Länge l und Weite d die Widerstandshöhe $= h = 0{,}0326 \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$ Meter setzen, wobei indessen die durch Unegalitäten in den Röhren und Mängel in der Verlegung derselben bewirkten Widerstände noch nicht berücksichtigt sind. Vincent empfiehlt deshalb, daß man von den berechneten Geschwindigkeiten bei engen Röhren nur $^2/_3$, bei weiten nur $^7/_8$ in Ansatz bringen möge. Die abzuführende Wassermenge ist nach Leclerc für eine Fläche F in Quadratmetern und pro Stunde $= \frac{F}{4830}$, nach Vincent $= \frac{F}{3200}$, nach Stoken $= \frac{F}{8325}$, nach v. Schönermark $= \frac{F}{5330}$ anzusetzen. Nach Wäge und von Möllendorf soll man diese Wassermenge nach der größten monatlichen Regenmenge unter Abzug von 45 Proc. bei Lehmboden und 25 Proc. bei leichtem Boden (für Verdunstung) und unter Annahme einer 14tägigen Abflußzeit bestimmen. Eigentlich gelangen von einem Regenfall 52 Proc. zum Abfluß durch die Drainröhren. Man nimmt daher die Saugedrains mindestens 2 Centimeter weit und läßt sie, sowie die Sammeldrains, mit der Länge an Weite zunehmen. Als Vorarbeit für eine Drainirungsanlage muß ein Plan und Nivellement gemacht, sowie die Bodenbeschaffenheit durch Löcher untersucht werden. Saugedrains legt man mittelst eines besonderen Hakens in nach dem größten Gefälle gezogene Gräben von 42 bis 75 Centimeter oberer Weite bei $1^1/_4$ bis $2^1/_2$ Meter Tiefe, wobei man von oben anfängt, während die Gräben am unteren Ende angefangen werden. Die Stoßfugen, durch welche das Wasser eindringt, erhalten $^1/_2$ Millimeter Weite und werden oft durch 7,5 Centimeter lange Muffe gedeckt, welche aber entbehrlich sein dürften. Statt der Röhren wendet man auch ausnahmsweise noch Sickergräben von 0,2 Met. Weite an, welche 0,4 Met. hoch mit Steinen, Strauchwerk, Stroh und dergleichen gefüllt und darüber mit Erde zugeworfen werden. Die Kosten der Drainirungen betragen pro Hektare etwa 250 bis 300 Francs.

Buchholz, der Hafenbau zu Geestemünde. — Beschreibung dieser gelungenen Hafenanlage nebst vielen schönen Tafeln.

Heusinger von Waldegg, die Nidda-Brücke bei Rödelheim. — Diese Brücke bietet eine Stromöffnung von 18,3 Meter und 12 Oeffnungen für das Inundationswasser von je 12,18 Meter Weite, welche mit Blechträgern zur Seite des Geleises überspannt sind. Die Pfeiler der Stromöffnung sind bei 5,5 Meter über dem Wasserspiegel 5,79 Meter lang und 1,8 Meter stark, unten 6,25 Meter lang und 2,26 Meter stark; die Pfeiler der Fluthöffnungen oben bei 3,6 Meter mittlerer Höhe 5,79 Meter lang und 1,22 Meter stark, unten 6,1 Meter lang und 1,52 Meter stark.

Köpcke, über den Bau eiserner Brücken. — Die ersten hervorragenden Bauwerke waren die eisernen Hängebrücken, von denen die Freiburger sogleich sehr großartige Dimensionen erhielt, indem sie mit 240 Meter Spannweite ein 50 Meter tiefes Thal überspannt. Für Eisenbahnen, wo der Schwankungen wegen diese Brücken nicht anwendbar waren, kamen hölzerne Balken- und Sprengwerk-, sowie gußeiserne Bogenbrücken in Gebrauch, welche dann durch Blechbalken und Gitterbrücken verdrängt wurden. Nun suchte man die Hängebrücken für Eisenbahnzwecke zu versteifen, wendete parabolische Träger und schmiedeeiserne Bogenbrücken an und lernte immer mehr, im Einklange mit der Theorie zu construiren, was indessen bezüglich der versteiften Hängebrücken und der sich gegen feste Widerlager stemmenden Bogenträger noch nicht erreicht ist. In neuerer Zeit sind nun mehrfach Projecte für theoretisch richtige Constructionen aufgetaucht, welche hier näher beleuchtet werden.

Grove, über Schützvorrichtungen an Turbinen. — Bei den Regulirungsvorrichtungen für das Aufschlagsquantum der Turbinen, muß danach getrachtet werden, daß die einzelnen Wasserfäden dabei nicht eine falsche Richtung erhalten. Nur Druckturbinen, welche partiell beaufschlagt werden dürfen, vertragen also das Schließen einzelner Leitradcanäle mit Klappen, oder den theilweisen Verschluß sämmtlicher Leitradaustrittsöffnungen durch Ringschützen. Die Fink'sche Stellung mit beweglichen und gleichzeitig verstellbaren Leitradschaufeln entspricht ziemlich der obigen Bedingung. Für Fourneyron'sche Turbinen ist eigentlich nur die Stellung von Laurent und Deckher richtig, bei welcher die Höhe des Leitrades und Turbinenrades gleichzeitig regulirt wird, ist aber sehr complicirt.

Mohr, über Erdförderung auf Interimsbahnen. — Für den Betrieb der Erdarbeiten, bei denen Erdwagen von 1 Cubikmeter Inhalt, 63,3 Centimeter Spurweite und 58,4 Centimeter Raddurchmesser angewendet werden, muß man suchen, am Gewinnungsorte die Arbeiter in Colonnen anzustellen und die Wagen einen Kreislauf beschreiben zu lassen, die Ladegleise also parallel zur abzugrabenden Wand zu legen und bis zum natürlichen Terrain heraufzuführen; man darf den Gleisen nicht über 1 Proc. Gefälle geben, muß außer dem Gleis für die leeren Wagen und dem Ladegleise ein drittes Gleis halten, welches inzwischen immer für den demnächstigen Ladeplatz herrichtet werden kann, und muß die Ladegleise so anlegen, daß der Boden bis an die definitiven Böschungen hin ohne vorheriges Werfen eingeladen werden kann. Am Abladepunkte wird ca. 70 Meter rückwärts ein Halteplatz eingerichtet, wo die beladenen Züge warten, von hier oder wenigstens auf die letzten 50 Meter vor dem Gerüste läßt man das Gleis um ca. 0,6 Meter fallen und dann auf den Fahrbalken des Gerüstes wieder um 0,3 Meter steigen, die Pferde bis eine Schienenlänge vor den Fahrbalken vorgehen, dann aber von 16 Mann die Wagen aufs Gerüst schieben, hier mit Hacken ausladen (6 Mann pro Wagen) und das Pferd wieder anhängen, worauf der Zug (à 4 Wagen) von den 16 Arbeitern wieder bis durch die Weiche geleitet wird, während 8 Mann den entladenen Boden zur Seite hacken. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Schüttung vorrückt, wächst mit der Balkenlänge des Gerüstes, weshalb auf lange Gerüste besonders zu sehen ist. Der Herr Verfasser theilt nun viele schätzbare Erfahrungsresultate mit, wovon wir blos erwähnen wollen, daß für sämmtliche Arbeiten am Aufladeorte pro Cubikmeter in Sandboden 1,02, in leichtem stechbaren Lehmboden 1,33, in schwerem Lehmboden 1,73 Stunden Arbeitszeit, für die Arbeiter am Abladeorte in Sandboden 0,705, in leichtem Lehmboden 0,785 und in schwerem Lehmboden 0,94 Arbeitsstunde, für die Unterhaltung der 1 Meter langen Transportbahn resp. 0,000214 l, 0,000428 l und 0,000860 l Arbeitsstunden veranschlagt werden können. Ein Pferd zieht

2 Wagen, wenn die Neigung der Bahn abwärts und aufwärts $^1/_{300}$,

3 Wagen, wenn die Neigung der Bahn	abwärts und aufwärts keine,
4 " " " " " "	abwärts $1/_{300}$, aufwärts nicht über $1/_{50}$,
5 " " " " " "	abwärts $1/_{200}$, aufwärts nicht über $1/_{70}$,
6 " " " " " "	abwärts und aufwärts $1/_{100}$

beträgt und 1 Cubikmeter erfordert unter diesen Umständen resp. 0,00157 l, 0,001035 l, 0,000785 l, 0,00063 l, 0,00021 l Pferde- und Führerstunden.

Treuding, über die Entwässerung von Niederungen. — Entwässerungen geschehen mittelst Canälen, wo dies möglich ist. Hierbei ist meistens den natürlichen Abflußwegen zu folgen, jedoch durch ein Nivellement der günstigste Weg zu suchen und dabei auf das Vorhandensein einer gehörigen Vorfluth Rücksicht zu nehmen, damit die unterhalb gelegenen Ländereien nicht überfluthet werden. Die Ablaßvorrichtung muß zugleich zur Regulirung benutzbar sein, gewöhnlich ist sie ein Schleusenwehr mit Schützen, bei beabsichtigten starken Senkungen auch mehrere Schleusenwehre hintereinander mit in verschiedener Höhe liegenden Fachbäumen. Auch hat man Coupirungen von Faschinen angewendet, deren Höhe durch Wegnahme der Faschinen allmälig vermindert wird. Die Entwässerung tief gelegener Marschdistricte, wie der sogenannten Boezems in den Niederlanden erfolgt durch Schleusen, und da wo sie unter dem Wasserspiegel des Y liegen, (sogenannte Polder) durch Maschinen und während der Zeit der Ebbe (Tiede) durch Siele, oder Schleusen, welche sich beim höheren Stande des Binnenwassers selbst öffnen; man muß aber dann dafür sorgen, daß das fremde Wasser durch einen eingedeichten Canal von den Polders abgeleitet werde. Nach Hunrichs müssen die Siele 1 Quadratmeter Querschnitt pro 320 Hektaren Fläche, nach Reinhold 1 Quadratmeter Querschnitt pro 302 Hektaren abzuwässerndes Land erhalten. Bei künstlicher Entwässerung wird um das Bassin ein Ringsloot oder Canal zur Abführung des gehobenen Wassers gebaut, welches sich in ein Bassin (Mahlbusen) mit Entwässerungsschleuse ergießt. Als Schöpfmaschinen benutzt man Windmühlen mit 25 bis 28 Meter hohen Windrädern, welche pro Secunde 650 Meter-Kilogramm leisten, und Wurfräder von 4 bis 5 Meter Durchmesser und 21 bis 37 Centimeter Breite mit 20 bis 28 Schaufeln betreiben. Letztere heben das Wasser $1^1/_4$ Meter hoch und arbeiten am besten mit 2 bis 2,3 Meter Geschwindigkeit. Auch Wasserschnecken und Wasserschrauben, welche meist $2^1/_2$ Meter hoch heben und 25 bis 36° Steigungswinkel bei einer Neigung von 30 bis 45° bekommen, werden durch Wind getrieben. Zuverlässiger ist die Dampfkraft zum Betriebe der Pumpen oder Wurfräder. Letztere legt man mit der Welle $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ Meter über den Wasserspiegel des Mahlbusens, die Pumpen sind meist sogenannte Fijnje'sche Kastenpumpen von sehr großen Dimensionen auch Centrifugalpumpen, welche viel Umgänge machen.

Berg, die große Weser-Brücke zu Bremen. — An Stelle des im Jahre 1841 hergestellten Holzüberbaues dieser Brücke ist im Jahre 1861 ein eiserner Oberbau getreten, der aus 7 Stück Blechträgern unter der Fahrbahn und 2 Blechträgern unter jedem Trottoir besteht. Die Fahrbahn ist aus cubischen mit Zinkchlorid getränkten Eichen-Holzklötzen von 14 Centimeter Seitenlänge auf einem Bohlenbelag mit klaffenden Fugen hergestellt. Die ca. 18 Centimeter höher liegenden Trottoirs sind aus zwei in Cement gelegten Schichten Ziegelsteine und einem 12 Millimeter starken Asphaltguß gefertigt und haben nicht ganz $1/_2$ Proc. Fall, was sich ungenügend erwies. Gegen die Fahrbahn hin sind 2 Centimeter starke Bordeisen angebracht. Gewichte und Kosten sind in unserer Quelle nachzulesen.

Welkner, die Schleusenthore am Seehafen zu Geestemünde. — Für diesen Hafen waren 3 Paar Schleusen von 23,35 Meter Durchschnittsweite anzulegen, welche man als hohle schwimmende Blechkörper auszuführen und als Bogenträger zu construiren beschloß, da der Rechnung nach letztere Form bei gleichem Gewicht eine viermal so hohe Sicherheit, als gerade Stemmthore mit derselben Pfeilhöhe (4,67 Meter) gewährte und auch die locale Festigkeit der tief unter Wasser gelegenen Blechfläche sich hier $1^2/_3$ mal so hoch herausstellte. Weil aber über die Widerstandsfähigkeit gekrümmter Blechflächen genaue Angaben fehlten, so wurden Versuche mit einem Modell in $1/_3$ der natürlichen Größe ausgeführt, über welche unsere Quelle das Nähere mittheilt. Es wurden nämlich zwei Blechkästen von der Form und Zusammensetzung der Schleusenthore construirt und durch hydraulischen Druck im Innern geprüft, hierbei aber die Ueberzeugung gewonnen, daß die gebogenen Blechwände einen $1^1/_2$ bis 2 mal so großen Widerstand leisteten, als ebene, daß die Blechflächen keiner Armirung bedurften, und daß der Widerstand der concaven Flächen größer als derjenige der ebenen, aber kleiner als derjenige der convexen Blechflächen sei. Versuche über die Einwirkung intermittirend ausgeübter Belastungen zeigten, daß diese gar keinen Einfluß ausübten, und daß durch die Zunahme der bleibenden Durchbiegung eine Vermehrung der Widerstandsfähigkeit eintrat. Der Beschreibung der ausgeführten Thore sind Zeichnungen und Kostenangaben beigegeben.

Funk, Resultate der Heizung und Ventilation in der Hebammen-Lehranstalt zu Hannover. — Bei dieser früher beschriebenen Heizungsanlage ergaben die Beobachtungen im Laufe des Winters 1864—65, daß die Temperatur der Zimmer eine ganz gleichmäßige von + 15° R. war, auch in der Nacht, wo nicht geheizt wurde, höchstens um 2° sank und sich dann des Morgens in Zeit von 1 bis $1^1/_2$ Stunden wieder herstellte, daß dabei die Temperatur des Wasserheizofens unten 138° R, oben 120° nicht zu überschreiten brauchte, in der Nacht aber noch so hoch (20 bis 50°) blieb, daß fortwährend eine wohlthätige Wärme ausgestrahlt wurde, und daß auf 1000 Cubikfuß (25 Cubikmeter) zu heizenden und kräftig ventilirten Raumes pro Tag 5,1 Pfd. Steinkohle erforderlich waren, wenn der Ventilator 60 Umgänge machte und 3370 Cubikmeter Luft pro Stunde lieferte.

Oppermann, die Trockenlegung des Harlemer Meeres. — Interessante Mittheilungen über dieses großartige Unternehmen nach Storm-Buysing, Handleiding tot de Kennis der Waterbouwkunde.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem zwölften Bande des

Civilingenieur.

№ 2.

Literatur.

Allgemeine Baukunde des Ingenieurs. Ein Leitfaden zu Vorlesungen und zum Selbstunterrichte für Wasser- und Straßenbau-Ingenieure, Architekten und Maschinenbauer von Max Becker, Baurath bei Großherzogl. Ober-Direction des Wasser- und Straßenbaues, vorm. Professor an der Ingenieurschule des Polytechnikums zu Carlsruhe, Ritter des Großherzogl. badischen Zähringer-Löwenordens, des Königl. preuß. Kronenordens III. Klasse, des Herzogl. nassauischen Civilverdienstordens Adolf von Nassau. Mit Atlas, enthaltend 28 gravirte Tafeln in gr. Folio. Dritte verbesserte und vermehrte Auflage. Stuttgart. Verlagsbuchhandlung von Carl Mäcken. 1865.

Ein Werk, welches wie das vorliegende bereits in dritter Auflage erscheint, bedarf unserer Empfehlung nicht mehr, wir fündigen aber mit Vergnügen sein Erscheinen in verbesserter und vermehrter Auflage an und heben dabei zugleich hervor, daß darin die in den seit dem ersten Erscheinen dieses Werkes verflossenen zwölf Jahren gemachten Fortschritte in Theorie und Praxis des Ingenieurwesens gewissenhaft benutzt und nachgetragen worden sind. Die hauptsächlichsten Ergänzungen haben die Abschnitte über die Gründungen und den Tunnelbau aufzuweisen, doch sind auch die Abschnitte über Eisenconstructionen, Erdbau und Futtermauern mit Benutzung der neueren Literatur erweitert und umgearbeitet, sowie auch der Atlas neu gezeichnet und um einige Tafeln vermehrt worden ist.

Die Formen der Walzkunst und das Façoneisen, seine Geschichte, Benutzung und Fabrikation für die Praxis der gesammten Eisenbranche dargestellt von Eduard Mäurer, Ingenieur. Dritte Lieferung. Nebst Atlas mit dazugehörigen 2 Walzentafeln, 18 Tafeln mit Façoneisenprofilen in natürlicher Größe und Nachweis der Fabrikationsorte. Stuttgart. Verlagsbuchhandlung von Carl Mäcken. 1865.

Mit dieser Lieferung schließt vor der Hand das in der Ueberschrift genannte nützliche Werk, doch werden noch einige Ergänzungshefte in Aussicht gestellt, welche die noch fehlenden Façons der rheinisch westphälischen Walzwerke und andere neue Façons von Werken des In- und Auslandes bringen werden. Vorliegende Lieferung enthält 9 Tafeln Fenstereisen, 1 Tafel Halbrundeisen, 1 Tafel Bettstell-, 1 Tafel Oval- und 1 Tafel drei- bis achtkantige Eisen, dann folgt 1 Tafel Roster-, Keil- und Segment-, 1 Tafel Radreifen- und 3 Tafeln mit verschiedenen Façoneisen. Der Text gedenkt weiter der Riffel- und gewellten Bleche und bringt in einem Anhange Maaß- und Gewichtstabellen zum speciellen Gebrauch in der Eisenbranche, woraus wir die Tabelle über die Gewichte gußeiserner und schmiedeeiserner Röhren, diejenige über die Berechnung der Querschnittsflächen von Stäben aus dem Gewichte, diejenige über die Dimensionen der Schmiedeeisensorten und über die Blech- und Drahtlehren besonders hervorheben wollen. Im Ganzen bietet nun dieses Werk in seinem Atlas eine sehr schätzbare Sammlung zum Nachschlagen, während der Text zugleich unterhaltend und belehrend ist.

Illustrirtes Baulexicon. Praktisches Hilfs- und Nachschlagebuch im Gebiete des Hoch- und Flachbaues, Land- und Wasserbaues, Mühlen- und Bergbaues, der Schiffs- und Kriegsbaukunst, sowie der Mythologie, Ikonographie, Symbolik, Heraldik, Botanik und Mineralogie, soweit solche mit dem Bauwesen in Verbindung kommen. Für Architekten und Ingenieure, Baugewerken u. s. w. Herausgegeben von Dr. Oscar Mothes, Architekt, Verfasser der „Baukunst und Bildhauerei Venedigs" u. s. w. Zweiter Band. Lieferung 17, 18, 19. Zweite gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage des Allgemeinen deutschen Bauwörterbuches. Leipzig u. Berlin, Verlagsbuchhandlung von Otto Spamer. 1865.

In den drei vorliegenden Heften des hier schon mehrfach besprochenen Illustrirten Baulexicons, welche mit „Garsiel" beginnen und mit „Hirnleiste" endigen, sind mit Hilfe von 130 schönen Holzschnitten wieder zahlreiche Artikel aus dem Gebiete der eben genannten Wissenschaften und Fächer mit Rücksicht auf die Bedürfnisse der Architekten abgehandelt. Größere Artikel sind die Artikel: Gewicht, Gleichung, Glied, gothischer Baustyl, Grabmal, griechischer Baustyl, Hängewerk, Haus, Hausschwamm, Heizung, Heraldik.

Die Baugewerbe. Zeitschrift für Architekten, Bauunternehmer, Bauherren, Maurer, Zimmerleute, Steinmetzen, Dachdecker, Schreiner, Schlosser, Baumechaniker, Glaser, Tüncher, Ziegler und Ofenfabrikanten, Gypser und Stukkaturarbeiter, Stubenmaler, Vergolder u. s. w.; sowie auch für Fabrikbesitzer, Maschinenfabrikanten, Bau- und Gewerbeschulen. Auf Veranlassung des Großherzogl. Hessischen Gewerbevereins und unter Mitwirkung be-

währter Fachmänner herausgegeben von Franz Fink. Zweiter Jahrgang 1866. 1. Heft. Darmstadt, Verlag von Wilhelm Beyerle.

Es gereicht der Redaction d. Bl. zum besonderen Vergnügen, hierdurch den Fortgang der genannten neuen, mehr die praktische als die ästhetische Seite des Bauwesens verfolgenden Bauzeitung anzeigen zu können. Gute und praktische Auswahl des Stoffes, gute Zeichnungsbeilagen, billiger Preis haben derselben überall eine beifällige Aufnahme verschafft und werden auch das Forterscheinen dieser nützlichen Zeitschrift sichern.

Bernoulli's Dampfmaschinenlehre. Fünfte Auflage, gänzlich umgearbeitet und stark vermehrt durch E. Th. Böttcher, Professor an der königl. höheren Gewerbschule zu Chemnitz. Mit 265 in den Text gedruckten Holzschnitten, und 2 Kupfertafeln. Stuttgart. Verlag der J. H. Cotta'schen Buchhandlung. 1865.

Bernoulli's Dampfmaschinenlehre hat in dieser fünften Auflage nicht blos ein neues Gewand angezogen, sondern ist so völlig umgearbeitet worden, daß sie nun wieder dem gegenwärtigen Zustande der Dampfmaschinenlehre entspricht. Namentlich sind im descriptiven Theile die in neuerer Zeit vorgeschlagenen und ausgeführten Kesselconstructionen, Speisevorrichtungen und Kesselgarnituren, die neuen Dampfkolbenconstructionen, Steuerungsvorrichtungen, Regulatoren und Indicatoren, im theoretischen Theile die Zeuner'schen Schieberdiagramme und die Ergebnisse der mechanischen Wärmetheorie gebührend berücksichtiget, auch am Schlusse des Werkes die verschiedenen Gattungen von Dampfmaschinen mit Hilfe guter Holzstiche übersichtlich vorgeführt. Was die Letzteren anlangt, so ist hervorzuheben, daß sie großentheils in sehr zweckmäßiger Größe und in axonometrischer Projection dargestellt sind, wie denn überhaupt die Ausstattung des Buches als eine sehr elegante gerühmt werden kann.

Der Monitor. Eine Sammlung von Formeln und Tabellen aus dem Gebiete der höheren und niederen Mathematik und Mechanik. Für Techniker u. s. w., überhaupt für Alle, die sich mit Mathematik beschäftigen, zusammengestellt von Hans H. van Aller, Oberst a. D., Ritter u. s. w. Mit in den Text gedruckten Holzschnitten. Erster Theil: Mathematik. Hannover. Georg Wedekind. 1865.

In diesem 19 Bogen starken Buche werden in guter Auswahl und übersichtlicher Anordnung Formeln aus der Goniometrie, ebenen und sphärischen Trigonometrie, Polygonometrie und Polyedrometrie, analytischen Geometrie der Ebene und des Raumes, über Flächen- und Körperberechnungen, Versetzungen, Reihen und Gleichungen, aus der Differential- und Integralrechnung und endlich aus deren Anwendung auf die Geometrie geboten, wie sie in gleicher Vollständigkeit nicht leicht in ähnlichen Sammlungen vorhanden sein dürften. Außerdem zeichnet sich diese Sammlung durch bequemes Format, deutlichen Druck und gutes Papier aus.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift des Architekten- u. Ingenieur-Vereines für das Königreich Hannover. Band IX, Jahrg. 1865, Heft 1—3. (Schluß.)

v. Kaven, Nonienapparat zum Messen der Durchbiegung bei Probebelastungen. — Der hier im Holzschnitt in $^1/_3$ der natürlichen Größe dargestellte kleine Apparat besteht aus einem in Zolle und Zehntelzolle getheilten großen Schieber und einem daneben verschiebbaren Stabe mit Nonius-Eintheilung, welcher das Ablesen von Hundertel-Zollen gestattet. Dieser Apparat wird an einem von der Brücke unabhängigen Pfahle befestigt und giebt genauere Anzeigen, als Fühlhebelapparate. Räthlich ist es, auch bei den Auflagern der Brücke derartige Beobachtungen anzustellen, weil sich dort stets auch Senkungen zeigen.

Göring, über Ausführung von Eisenbahnbauten in Moorgegenden. — Nach den Annales des ponts et chaussées, auf 1864. Bei dem Baue der Eisenbahn von Nantes nach Brest, welche viele Thäler mit Moorgrund überschreitet, hatte man Gelegenheit, über obigen Gegenstand mancherlei Erfahrungen zu sammeln. Hauptsächlich zeigte sich, daß in solchem Boden sehr bald Sackungen eintreten, welche zur Seite lange, aber niedrige Erhebungen verursachen, daß bei consistenterem Moore und schwachen Auftragshöhen dergleichen Sackungen auch ganz unterbleiben können, und daß das Sacken oft erst nach langer Zeit, aber plötzlich erfolgt, wenn weicher Moorboden mit einer compakteren Schicht überdeckt ist. Die Einsenkung nimmt in festem Moor und Torf die Form eines umgekehrten Trapezes an, in Moor von mittlerer Festigkeit eine rectanguläre Form, in weichem Moor die Form eines Trapezes und zwar bestand in dem dortigen Terrain zwischen der Auftragsmasse unter der Erdoberfläche und derjenigen über derselben das Verhältniß 1,1 : 1 bis 1,89 : 1., sodaß durchschnittlich die Masse des Auftrags auf das $2^1/_2$fache der Normalmasse vermehrt wurde. Die Kunstbauten wurden bei nicht zu großer Tiefe des Felsens (4 bis 5 Meter) mittelst Fangdämmen auf dem Felsen fundirt, bei größerer Tiefe aber auf einem durch Dammschüttung derartig comprimirten Boden, daß die Pfähle theils im comprimirten Terrain, theils im Auftrage selbst steckten. Im offenen Wasser wendete man bis zu 10 Meter Tiefe unter Hochwasser und bei starker Moorschicht Spundwände und Fangdämme bis auf den festen Boden, bei geringer Moorstärke Ausbaggern hinter Senkkästen und Betonschüttung, bei großen Bauwerken Gründung mittelst Ausschöpfen und bei mehr als 10 Meter Tiefe Gründung mittelst comprimirter Luft an.

Göring, Schifffahrt mit versenkter Kette. — Anfänglich wendete man auf der Saone bei Lyon eine Schleppschifffahrt an, bei welcher das Schleppschiff ein Göpelwerk für 6 Pferde trug und zwei Seile von 1000 Meter Länge, von denen das eine von einem vorausgehenden Kahne abgewickelt, das abgewickelte aber von einem nachfolgenden Kahne aufgenommen wurde, den Zug bewirkten. Später (1846) nahm man statt des Pferdegöpels eine Dampfmaschine und schleppte auf diese Weise an einer versenkten Kette ganze Züge von

Kähnen, wozu allerdings bei canalisirten Flüssen sehr lange Schleusen erforderlich sind. Die von der Maschine getriebenen Trommeln, um welche die Kette fünfmal geschlungen ist, sind glatt und mit cementirtem Eisenblech belegt. An beiden Enden des Schiffes befindet sich eine auf einem Drehbaume befestigte Rolle, um eine Bewegung des Schiffes schräg zur Kette zu ermöglichen. Die Kette besteht aus elliptischen Gliedern von 1zölligem Rundeisen und wiegt $6^1/_2$ Pfund pro lauf. Fuß. Eine Dampfmaschine von 35 bis 40 Pferdekraft, welche ca. 2 Ctr. Steinkohle pro Stunde braucht, zieht bei Paris 8 Kähne von 200 bis 250 Tons Last mit 0,5 Meter Geschwindigkeit pro Secunde stromaufwärts. Zwei sich begegnende Schlepper nehmen sich die Züge ab.

Elektrisches Licht unter Wasser. — Zu Lorient wurden Versuche mit einem von Bazin angegebenen Apparate angestellt, welche ergaben, daß derselbe das ganze Hafenbassin von 320 Met. Länge taghell erleuchtete und daß die gewöhnlichen Flaggensignale noch bei 700 Meter Entfernung vollkommen kenntlich waren. Ein Taucher, welcher mit einer elektrischen Lampe versehen war, konnte mit Bequemlichkeit an einem feingetheilten Maaßstabe noch in 6 Met. Entfernung vom Lichte ablesen. Die Fische umschwärmen derartige Lichter massenweise.

Moffat's Methode der Gründung unter Wasser — besteht in der Anwendung 15 bis 33 engl. Fuß langer, 10 bis 15 Fuß breiter und 11 bis 13 Fuß tiefer, auf einer Dielung von $^3/_4$zölligen Gußeisenplatten mit 20 Zoll Wandstärke in Romancement aufgeführter Kästen, welche fertig an Ort und Stelle gefahren und dann mit Cement gefüllt werden. Die Enden dieser Kästen greifen mittelst vorspringender Winkel in einander.

Mont Cenis-Tunnel. — Das Fortschreiten dieses Tunnels beträgt auf der Seite von Bardonnèche monatlich 50, auf derjenigen von Modane aber nur 38 Meter und es werden pro Meter Vorrücken 96 bis 100 Bohrlöcher, 43 bis 45 Kilogr. Pulver, 120 Meter Lunte, 185 bis 200 Stück Bohrer erfordert.

Leistung des Menschen beim Pumpen. — Beobachtungen an der Madrasbahn zeigten, daß bei der Picottah-Pumpe (ein Waagebalken mit einem daran befestigten, ca. 5 Gallonen fassenden Eimer, welcher dadurch bewegt wird, daß ein Mann darauf hin und hergeht) zwei geübte Leute pro Minute 35 Gallonen Wasser auf 9 bis 10 engl. Fuß Höhe heben können.

Peacock's Formel für den Dampfdruck. — Bei 25 bis 300 Pfd. Druck pro Quadratzoll ist nach Peacock die Temperatur der 4,5 Wurzel aus dem Drucke proportional.

Ueber den Widerstand der Schiffe. — Auszug aus einem von dem Ingenieur Phipps in der Institution of Civil-Engineers zu London gehaltenen Vortrage über die Ergebnisse von bezüglichen Versuchen.

Allgemeine Bauzeitung. 30. Jahrgang. 1865, Heft 1—12.

Der agglomerirte Beton von Coignet. — Unter diesem Namen fertigt Coignet in Paris eine feste plastische Masse, welche durch Stampfen in hölzerne, auseinander zu nehmende Formen eingebracht und nach 1 bis 3 Tagen steinhart wird, eine rückwirkende Festigkeit von 500 Kilogr. pro Quadr.-Centim. annimmt und sich vom gewöhnlichen Beton einerseits durch geringeren Kalk- und Wasserbedarf und den Wegfall alles Schotters, andrerseits durch gleichförmigere Beschaffenheit des Productes unterscheidet. Dieser Beton besteht aus Kalk, Sand und Puzzolane oder Cement mit nur soviel Wasser, als zur Krystallisation des Kalkes und zur Ausfüllung der Zwischenräume des Sandes erforderlich ist, und wird in der Art bereitet, daß man in einer Mörtelmaschine zuerst Kalk, Puzzolane und einen Theil des Sandes nebst allem Wasser gehörig mengt, dann den Rest des Sandes zugiebt und nun den Beton in 2 Centimeter starken Lagen in die Form stampft. Es werden auf diese Weise Trottoirs, Straßencanäle, Bassins, Gruben, Keller, Gewölbe, Dämme, Grundmauern u. s. w. hergestellt und die Stadt Paris läßt auf diese Manier 15000 Meter Abzugscanäle anfertigen.

Eisenverband von Jourdain u. Teulère. — Dieser leicht lösbare Eisenverband beruht auf der Anwendung von Hakenschrauben oder Splintbolzen mit Haken.

Eindeckung der Dächer mit Schiefer. — Gerard befestigt die Schiefertafeln mittelst Eisendraht auf den Latten, indem der Draht durch zwei Löcher in der Tafel hindurchgesteckt und auf der inneren Seite der Latte zusammengedreht wird. Huga wendet kupferne Haken an, welche auf die Latten genagelt sind und die Schiefertafeln von unten halten. Auch Mauduit und Bàchet wenden kupferne Haken an, welche jedoch am oberen Ende in die Latte eingeschlagen werden und die Schiefertafel so tragen, daß dieselbe die Latten nur an der oberen Kante berührt.

Prou, über Gitterbrücken. — Versuch, die erforderliche mittlere Stärke der Füllung zwischen den Gurtungen und den Querschnitt der Letzteren a priori zu bestimmen, oder vielmehr das Verhältniß beider Unbekannten zu einander zu ermitteln.

Ueber die Höherlegung der äußeren Schiene in den Curven. — Bei 300 und weniger Metern Radius soll man 12,5, bei 300 bis 700 Meter Radius 16,67 und bei 800 Meter Radius 19,44 Met. Geschwindigkeit pro Secunde annehmen, worauf die erforderliche Höhe s zu berechnen ist nach der Formel $s = \frac{lv^2}{gr}$, wenn l die Spurweite, v die Geschwindigkeit und r den Radius bedeutet.

Elektrische Wasserstandszeiger für Wasserwerke. — Eine Weckervorrichtung, welche angiebt, wenn das Wasser in dem Wasserbette eines Werkes denjenigen Stand erreicht hat, wo angeschützt werden kann.

Maack, die öffentlichen Wasserbauten in Hamburg. — Beschreibung der nach dem großen Brande im J. 1842 planmäßig durchgeführten neuen Bauanlagen am Bleichenfleet, der sogenannten kleinen Alster und dem Mönkedammfleet mit vielen Abbildungen.

Wye Williams, über die Mittel den schädlichen Wirkungen des Rauches vorzubeugen. — Uebersetzung der gekrönten Preisschrift Wye Williams', über dessen Untersuchungen der Civilingenieur schon mehrfache Mittheilungen gebracht hat.

Pavesi's wasserdichter Cement — besteht aus 4 Gewichtstheilen gestoßenes Glas, 3 Th. Holz- oder Steinkohle, 2 Th. pulverisirter Bimsstein, 3 Th. Theer, 2 Th.

Schiffspech und 1 Th. gekochtes Leinöl, welche gemischt, dann über schwachem Feuer zu einem gleichartigen Teig gemengt und in diesem Zustande auf die Mauer aufgetragen, mit feinem Sand bestreut und zuletzt mit Kalkputz beworfen werden.

Lebrun's hydroplastischer Stein — ist ein gestampfter oder geformter Cementmörtel, welcher schon im Großen Anwendung gefunden hat, über dessen Bereitung aber hier nur ungenügende Auskunft ertheilt wird.

Buigner, die Eisenbahn nach dem Lager von Châlons. — Notiz über die in 65 Tagen erbaute, 25 Kilometer lange Zweigbahn der Paris-Straßburger Bahn nach Châlons, bei welcher 300765 Cubikmeter Erde zu bewegen waren, und in welcher eine 600 Met. lange hölzerne Brücke mit 98 Jöchern vorkommt.

Roffiaen, theoretische und experimentelle Untersuchungen über eiserne Brücken mit besonderer Anwendung auf Militairbrücken. — Wir haben hieraus zu bemerken, daß bei der Bestimmung der Durchbiegung gewalzter Träger von belgischen Werken der Elasticitätsmodulus $E = 18000000000$ angewendet werden kann.

Baulichkeiten unter einer in Betrieb stehenden Eisenbahn. — Auf der Eisenbahn von Paris nach Mühlhausen wendet man folgendes Verfahren an. In der Zwischenzeit zwischen zwei Zügen wurde jede Schiene unter den Querschwellen mit einer Langschwelle unterfahren, welche auf jeder Seite des herzustellenden Einschnittes 2,5 Meter Auflage besaß. Dann grub man den Damm von oben mittelst zweier sich nach unten bis auf 1 Met. Weite verengernder und gehörig ausgezimmerter Einschnitte ab und stellte in jedem unter jede Langschwelle einen senkrechten Ständer und eine schräge Strebe. Letztere stemmten sich oben gegen Spannriegel und standen unten auf eichenen Keilen. Nun wurden die vier nebeneinander stehenden Ständer durch ein Andreaskreuz verbunden und der stehen gebliebene Theil des Dammes abgegraben, worauf die Spannriegel in der Mitte wieder durch Ständer gestützt wurden.

Robertson, Untersuchungen über den hydraulischen Kalkmörtel. — Längere, lediglich die englischen Kalke betreffende Abhandlung mit Angabe vieler Versuche und Erfahrungen.

Legrand, die neuen eisernen Brücken über die Seine bei Billancourt. — Breite dieser Brücken 12 Meter, Spannweite 21 bis 37 Meter. Die Bahn wird nur von zwei Gitterbalken getragen, welche aber in der unteren Gurtung nicht gerade sind, sondern eine sehr flache Krümmung besitzen. Die Brückenbahn ist aus gußeisernen Platten und Beschotterung gebildet. Die statistische und Kostenberechnung sind beigegeben.

Edoux, Hebeapparat für Baumaterialien. — Die Vorrichtung ist einem hydraulischen Aufzuge für Hohöfen ganz ähnlich und wird durch die gewöhnlich ein hohes Aufsteigen des Wassers gestattenden städtischen Wasserleitungsröhren gespeist.

Viollet-le-Düc, über Blitzableiter. — Blitzableiter müssen eine scharfe vergoldete, oder verplatinirte Spitze und eine um so höhere Auffangstange erhalten, je höher das zu schützende Gebäude ist. Da die Blitze oft in schiefer Richtung kommen, so ist es zweckmäßiger, statt einer einzelnen Stange ein sich nach oben ausbreitendes Büschel von Stangen zu nehmen. Welchen Umkreis ein Blitzableiter zu decken vermag, ist noch ungewiß, man giebt den Durchmesser desselben zum Vier- bis Sechsfachen der Höhe der Stange an, wenn die Letztere 9 bis 10 Meter Höhe nicht überschreitet. Die Leitung braucht nicht isolirt zu werden, muß aber von der Spitze an bis zum gemeinschaftlichen Reservoir continuirlich fortgehen, im Querschnitt quadratisch oder rund und von genügendem Durchmesser (15 bis 20 Millim. stark) sein. Bei 50 bis 55 Centim. über dem Erdboden wird sie senkrecht zur Mauer gebogen und 4 bis 5 Meter fortgeführt, bis in einen Brunnen und zwar bis zu 0,65 Meter unter den tiefsten Wasserstand. Hierbei muß die Leitung durch einen mit Kohle gefüllten Trog hindurchgehen, damit sie nicht mit der Feuchtigkeit der Erde in Berührung kommt.

Neuer Holzverband. — Die Verbindung erfolgt durch Holzschrauben ohne Kopf, welche in das eine Holz eingedreht sind und in dem andern durch einen eisernen Splint angezogen werden. Damit Letzteres möglich sei, muß in dem zweiten Holze eine runde Vertiefung hergestellt werden und der Splint bogenförmig gestaltet sein.

Herrmann, Zimmeröfen mit Luftkästen und senkrechten Rauchzügen. — Kachelöfen sollen 20 % Brennmaterialersparniß geben, wenn man die sogenannten Röhren oder Durchsichten unter sich und mit der Decke des Ofens durch eine blecherne Luftröhre verbindet, welche ca. halb so lang und breit ist, als der freiliegende Theil der Durchsicht. Besser ist es noch, in dem Mantel aus Kacheln eine rectanguläre Luftröhre herzustellen, welche den ganzen inneren Raum bis auf 4 Zoll ringsum ausfüllt, im Deckel des Ofens offen ist und unten über der gehörig zu verstärkenden Decke des Feuerraumes seitwärts ausmündet. Senkrechte Rippen, welche äußerlich an dieser Luftröhre angebracht sind, bilden die senkrechten Rauchzüge, deren Länge 20 bis 30 Fuß betragen kann.

Verbesserte Wasserwippe. — Beim Bau des Canales Marans zu la Rochelle wurde ein von Gallois angegebener Schöpfapparat angewendet, welcher mit der alten Wasserwippe einige Aehnlichkeit zeigt. Der Haupttheil ist ein ca. 3 Meter langes Gerinne aus Blech, welches sich mit seinem einen auf dem Ufer stehenden Ende um Zapfen dreht, während das andere löffelartig gestaltete Ende in das Wasser taucht. Wird nun letzteres Ende mittelst Kette und Haspel in die Höhe gewunden, so fließt das geschöpfte Wasser in der Nähe des Drehpunktes nach einer Rinne ab. Die Hubhöhe kann 3 Meter betragen und der Fassungsraum der Schaufel 2 Hektoliter.

Vallès, die Wasserleitungen von Marly und Versailles. — Uebersetzung einer längeren Abhandlung aus den Annales des ponts et chaussées, welche diese einst höchst berühmten Anlagen ausführlich von ihrer Entstehung bis auf die Gegenwart beschreibt. Zu Marly hat man jetzt drei 12 Meter hohe, 4,5 Meter weite Wasserräder mit 64 zwei und drei Meter (in radialer Richtung) hohen Schaufeln, welche zwei bis drei Umgänge pro Minute machen und 1 bis 3 Meter Gefälle benutzen. Jedes Wasserrad bewegt vier horizontale Pumpen von 0,38 Meter Kolbendurchmesser und 1,6 Meter Hub, welche das Wasser 160 Meter hoch drücken. Außerdem sind viele Teiche von ca. 685 Hektaren Fläche und ca. 8 Mill. Cubikmeter Inhalt vorhanden, welche die Wasserhebewerke unterstützen.

bunden. Beim Einschrauben der Pfähle vom Flosse aus bediente man sich zur Leitung eines eisernen Korbes und die Eindrehungtiefe variirte von 2 bis 6 Meter. Die Zeit zum Einschrauben eines Pfahles betrug durchschnittlich 1 Tag, wobei 8 bis 16 Mann thätig waren.

Schiefe Brücke über den Ornain bei Straßburg. — Die Gewölbe dieser aus drei flachen Bögen von 15 Met. Spannweite und 1,9 Met. Pfeil bestehenden, unter einem Winkel von 44° 23′ übersetzenden Brücke bestehen aus 5 Hausteinringen von 0,82 Met. Breite in 0,875 Met. Abstand voneinander, und der Zwischenraum zwischen den Ringen ist mit Platten von 0,25 Met. Stärke ausgefüllt, welche um 0,5 Met. zurückspringen und 0,1 Met. tief in die Ringe eingelassen sind.

Staib's Luftheizungsapparat. — In einem parallelepipedischen gemauerten Mantel befindet sich ein gußeiserner, die Feuerung umschließender Kasten mit cannelirten Wänden. Die Feuerung ist mit einem Mauerwerk aus feuerfesten Ziegeln eingefaßt, außerhalb dessen sich die Lufterhitzungsröhren befinden. Die Verbrennungsgase ziehen unter dem Aschenfall ab und die erhitzte Luft am oberen Ende, nachdem sie sich mit Wasserdampf geschwängert hat, welcher dadurch erzeugt wird, daß eine geringe Quantität Wasser im Innern des gemauerten Mantels auf eine große gußeiserne Fläche fällt.

Dumesnil's Ofen zum Gypsbrennen — besteht aus einem Kuppelgewölbe, in dessen Sohle die Feuerung angebracht ist. Ueber der Feuerung liegt ein Gewölbe, durch und an welchem die Feuergase hinstreichen, um dann eine Laterne mit vielen Schlitzen zu passiren, ehe sie in den mit Gypssteinen gefüllten eigentlichen Ofen eintreten. Der Rauch soll dabei bereits verbrannt werden, sodaß der Gyps eine bessere Farbe erhalte.

Apparate zum Messen des Wassers bei Wasserleitungen. — Siemens's Apparat besteht aus einem gußeisernen Cylinder, der durch eine schräge Wand in eine obere und eine untere Hälfte getheilt wird. Mit der ersteren communicirt das Zufluß-, mit der unteren das Abflußrohr. In der unteren Abtheilung befindet sich eine kleine Turbine, deren Welle ein in der obern Abtheilung angebrachtes Zählwerk treibt. Das zufließende Wasser muß durch diese Turbine hindurchgehen, um zum Abflußrohr zu gelangen, und bewegt dabei das Zählwerk, dessen Zahlenscheibe von oben durch eine Glasplatte sichtbar ist. Damit aber die Bewegung eine gleichförmige sei, befindet sich an der Turbine ein Windflügelregulator. Ein andrer Wassermeßapparat, welcher hier abgebildet ist, besteht aus einem Cylinder, in welchem sich ein Schwimmer befindet, der durch die Kette, an welcher er hängt, ein Zählwerk in Umgang setzt und außerdem den Einströmungshahn und den Absperrhahn regulirt. Derartige Apparate führen also das Wasser nur absatzweise zu und zählen die Zahl der Füllungen des Cylinders. Bei anderen Apparaten wird ein Bruchtheil des zuströmenden Wassers gemessen. Sie bestehen aus dem Vertheiler und dem Meßapparate. In ersteren tritt das zuströmende Wasser ein und derselbe hat einen durchlöcherten Boden, auf welchem ein ebenfalls durchlöcherter Schieber ruht, welcher die Löcher des Bodens bis auf eins ganz verdecken kann. Unter diesem Vertheiler befindet sich nun der Meßkasten, welcher durch eine Wand in zwei gleiche Theile getheilt ist und sich um eine Axe senkrecht unter dieser Wand dreht. In jeder Abtheilung ist ein Schwimmer angebracht, welcher allmälig aufsteigt, wenn die betreffende Abtheilung aus dem erwähnten stets freibleibenden Loche des Vertheilers mit Wasser gefüllt wird. Kommt er oben an, so löst er eine Einfallklinke aus und der Meßkasten kippt nun soviel zur Seite, daß die andere Abtheilung desselben unter das freibleibende Loch des Vertheilers tritt, wobei zugleich der Zählapparat um Eins verstellt und ein Ventil am Boden des gefüllten Gefäßes aufgestoßen wird, sodaß es sich entleert, während die andere Abtheilung gefüllt wird. Die Zahl der Pulsationen dieses Apparates giebt die von demselben aufgenommene Wassermenge an und da diese ein bestimmter Theil der ganzen Wassermenge ist, so läßt sich Letztere hiernach ermessen.

Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. Jahrg. 1865. Band IX, Heft 5 bis 9.

Pützer, verbesserter Stangenzirkel. — Um das Entstehen von Löchern im Papiere zu vermeiden und einen leichten Zug bei der Reißfeder zu erzielen, sind bei diesem Stangenzirkel die Spitze und die Reißfeder so eingerichtet, daß sie von Platten getragen werden, welche auf dem Papiere hingleiten und durch die aus zwei zusammenschraubbaren Stücken von 47 und 80 Centimeter Länge bestehende Stange unter sich verbunden sind. Die Platte der Spitze hat eine 1 Cent. weite Oeffnung, um die Spitze bequem einstellen zu können, und die Platte der Feder trägt einen kleinen, mittelst Mikrometerschraube verstellbaren Support, an welchem die Ziehfeder ähnlich wie an einem Zirkelbeine befestigt ist. Derartige Stangenzirkel sind durch den Mechanikus Bellé in Aachen zu beziehen.

Pützer, über Ausgleichungsvorrichtungen bei hydraulischen Pressen. — Nach Besprechung der verschiedenen bis jetzt zur Ausgleichung der Arbeit hydraulischer Pressen mit stark wachsendem Widerstande gemachten Vorschläge wird folgende neue Einrichtung vorgeschlagen, welche sich selbst regulirt. Denkt man sich, daß zwischen die Kurbel und den Treibekolben nicht eine vollkommene steife Kolbenstange, sondern eine Feder oder ein Luftpuffer eingeschaltet sei, so wird beim Beginn des Niederganges der Kolben in Ruhe bleiben, bis die Feder durch die Zusammendrückung eine dem Widerstande gleiche Spannkraft angenommen hat, worauf dann der Kolben den übrigen Theil des Hubes zurücklegen wird. Richtet man nun die Feder so ein, daß der Druck derselben dem Hubreste umgekehrt proportional ist, so wird die Arbeit pro Hub constant bleiben.

Fuhse, über Scheibenräder. — Wenn die Gußstahlscheibenräder und Schalengußräder auf der einen Seite den Vorzug besitzen, daß das ganze Rad aus einem Stück besteht, so sind sie auf der andern Seite wegen der Gefahr, daß darin besondere Spannungen vorhanden sein können, immer etwas ängstlich und werden deshalb auf den meisten Bahnen nicht als Bremsräder benutzt. Das Gußstahlscheibenrad ist überdies theurer, als das ganz aus Schmiedeeisen gefertigte Scheibenrad, welches aus einem geschmiedeten Packete gewalzt und dann mit gewalzten und aufgeschweißten Unterreifen versehen ist, und das allerdings viel billigere Schalengußrad dürfte bald vor dem schmiedeeisernen Scheibenrade mit Puddelstahlbandage bezüglich des Preises nichts mehr voraushaben.

Herzberg, über die Darstellung empirischer

Functionen durch Näherungsformeln. — Trägt man Beobachtungsdata mittelst Coordinaten auf und ersetzt man die Curve durch ein Polygon aus n kleinen geraden Linien, so repräsentiren diese Stücken der Curve und man erhält eine Formel, welche diese Curve annähernd darstellt, wenn man die Gleichungen dieser Geraden mittelst des Fourier'schen Theorems zusammenfaßt. Ist $f(x)$ die empirische Function, welche zwischen den Grenzen 0 und a gegeben ist und sind die Coordinaten mit x_k, y_k allgemein bezeichnet (wo k von 0 bis n zu nehmen ist), so giebt das Fourier'sche Theorem $f(x) = y = A_0 + \sum_1^\infty A_i \cos\left(\frac{i\pi x}{a}\right)$ und $y = \sum_1^\infty B_i \sin\left(\frac{i\pi x}{a}\right)$, und der Herr Verfasser leitet weiter ab:

$$A_0 = \frac{1}{2a}\left(a y_n + \sum_0^{n-1}{}_k (y_k x_{k+1} - x_k y_{k+1})\right)$$

$$A_i = -\frac{4a}{i^2\pi^2}\sum_0^{n-1}{}_k\left[\frac{y_{k+1}-y_k}{x_{k+1}-x_k}\sin\frac{i\pi}{2a}(x_{k+1}-x_k)\times \sin\frac{i\pi}{2a}(x_{k+1}+x_k)\right]$$

$$B_i = \frac{2\,[y_0 - y_n(-1)^i]}{i\pi} + \frac{4a}{i^2\pi^2}\sum_0^{n-1}{}_k\left[\frac{y_{k+1}-y_k}{x_{k+1}-x_k}\times \sin\frac{i\pi}{2a}(x_{k+1}-x_k)\cos\frac{i\pi}{2a}(x_{k+1}+x_k)\right].$$

Wird die Zahl n sehr groß, so kann man auch nehmen:

$$A_0 = \frac{1}{2n}(y_0 + 2y_1 + 2y_2 + \ldots 2y_{n-1} + y_n)$$

$$A_i = -\frac{4n}{i^2\pi^2}\sin\left(\frac{i\pi}{2n}\right)\left[p_i\cos\left(\frac{i\pi}{2n}\right) + q_i\sin\left(\frac{i\pi}{2n}\right)\right]$$

$$B_i = \frac{2\,[y_0 - y_n(-1)^i]}{i\pi} - \frac{4n}{i^2\pi^2}\sin\left(\frac{i\pi}{2n}\right)\times \left[p_i\sin\left(\frac{i\pi}{2n}\right) - q_i\cos\left(\frac{i\pi}{2n}\right)\right],$$

wenn $p_i = \sum_0^{n-1}\Delta_k \sin\frac{ki\pi}{n}$ und $q_i = \sum_0^{n-1}{}_k \Delta_k \cos\frac{ki\pi}{n}$, Δ_k aber $= y_{k+1} - y_k$ gesetzt wird.

v. Burg, neue Ableitung des Kräfteparallelogrammes. — Von den beiden mitgetheilten neuen Ableitungen ist die eine elementar gehalten, die andere für Lehrbücher der analytischen Mechanik geeignet.

Jacobi, die Druckverhältnisse bei Woolf'schen Dampfmaschinen. — Bezeichnet man mit d und l Durchmesser und Kolbenhub des kleinen, mit D und L dieselben Größen für den großen Dampfcylinder, mit n das Verhältniß des Inhaltes des großen zum kleinen Cylinder, mit p den Druck pro Quadratzoll im kleinen Cylinder vor dem Beginn der Expansion, mit p_1 den Druck im großen Cylinder zu Anfang des Hubes, mit q den Gegendruck auf den großen Kolben, mit e das totale und mit ω das Expansionsverhältniß für den kleinen Cylinder, mit $\frac{1}{r}$ das Verhältniß des schädlichen Raumes am kleinen Cylinder, mit $\frac{1}{u}$ das Verhältniß dieses, um den Inhalt des Canales bis zum Expansionsschieber vermehrten schädlichen Raumes zum Inhalte des kleinen Cylinders, und mit $\frac{1}{v}$ das Verhältniß des um den Inhalt des Schiebercanales vermehrten schädlichen Raumes des kleinen und großen Cylinders zum Inhalte des kleinen Cylinders, so erhält man das Verhältniß V zwischen dem Drucke am Anfange und am Ende des Kolbenweges

$$V = \frac{\frac{vn+1}{v}\cdot\frac{r}{r+1} - \frac{en}{p}q + n - 1}{\frac{vn+1}{v+1}\cdot(n-1) - \frac{en}{p}q + e}.$$

Dieser Gleichförmigkeitsgrad wird ein Maximum für:

$$n = -A \pm \sqrt{A^2 - A\left(\frac{\frac{1-v}{1+v} - \frac{eq}{p}}{\frac{v}{1+v}}\right) + \frac{e - \frac{1}{1+v}}{\frac{v}{1+v}}}$$

wenn $A = \dfrac{\frac{r}{(r+1)v} - 1}{\frac{r}{r+1} + 1 - \frac{e}{p}q}$ bedeutet

und der entsprechende Füllungsgrad des kleinen Cylinders ist:

$$\frac{1}{m} = \frac{(vn+1)(u+1)r}{(r+1)\,uve} - \frac{1}{u}.$$

Man kann durchschnittlich setzen $\frac{1}{r} = 0{,}03$, $\frac{1}{u} = 0{,}05$, $\frac{1}{v} = 0{,}10$.

Schwamkrug, über den Einfluß der Winde auf den Zug der Schornsteine. — Trifft auf einen gewöhnlichen ebenen Schornsteinkopf, aus welchem der Rauch mit der Geschwindigkeit v aufsteigt, ein Wind mit der Geschwindigkeit c unter dem Winkel α, so wird, wie die Zerlegung der Windgeschwindigkeit zeigt, dadurch die Druckhöhe des Rauches $\frac{v^2}{2g}$ um $\frac{(c\sin\alpha)^2}{2g}$ vermindert, was den Zug des Schornsteins erheblich schwächen kann. Man wird diesen Uebelstand beseitigen, wenn man dem Kopfe eine passende Abschrägung giebt, und zwar ist die Abschrägung am besten unter dem Winkel $\beta = 45^\circ - \frac{\alpha}{2}$ vorzunehmen.

Jacobi, vollkommener Centrifugalregulator. — An der verticalen Welle des Regulators ist mittelst Gabel ein gleichnamiger Balancier angebracht, der an beiden Enden die Schwungkugeln und auf seinem Zapfen ein Zirkelstück trägt. Letzteres ist durch Stahlbänder mit zwei andern Zirkelstücken von halb so großem Radius verbunden, welche an zwei gleichlangen Gabeln befestigt sind, die an den Enden zwei Rollen tragen und in der Mitte mittelst Lappen an der Axe befestigt sind. Stehen diese Arme horizontal, so steht der Balancier mit den Schwungkugeln unter 45° gegen die Regulatoraxe geneigt, hebt sich letzterer, so beschreiben die Hebel mit den kleineren Zirkelstücken einen doppelt so großen Winkel, wobei jedoch die beiden Rollen in gleichem Niveau bleiben. Auf diesen Rollen liegt nun eine Schiene, an welcher ein schweres, über die Regulatoraxe geschobenes Gewicht hängt und Letzteres sucht daher die Balancierarme stets der Axe zu nähern, während die Centrifugalkraft sie von der Axe zu ent-

fernen strebt. Macht man aber dieses Gewicht so groß, daß es in einer gewissen Stellung des Balanciers der Centrifugalkraft der Kugeln das Gegengewicht hält, so ist dies, wie hier bewiesen wird, in allen Stellungen der Kugeln, also bei jeder Winkelgeschwindigkeit derselben der Fall. Nennt man die Länge des halben Balanciers l, diejenige der Hebel l_1, das Gewicht einer Kugel G und dasjenige des Gegengewichtes Q, so ist, wenn n die Umdrehungszahl pro Minute bedeutet, zu machen:

$$Q = \frac{G}{1800 . g l_1} (\pi l n)^2.$$

Brüll, über hämmerbares Gußeisen. — Wenn die aus schottischem Holzkohlenroheisen gegossenen Gegenstände mit gepulvertem Rotheisenstein umgeben mehrere Tage lang einer bis zur Rothglühhitze steigenden Hitze ausgesetzt werden, so nehmen sie die hauptsächlichsten Eigenschaften des Schmiedeeisens an, sehen aber weniger dunkel und im Bruch weiß feinkörnig, zuweilen stahlartig aus. Nach Morin und Tresca ist der Elasticitätscoefficient bei dünnen Stücken 18929, die Elasticitätsgrenze 8,7 und die Bruchfestigkeit 35 Kil. pro Quadratmillimeter. In Deutschland fabricirt Albert Stolz in Stuttgart schöne Artikel von hämmerbarem Gußeisen.

Röhrenverband mit Muffen. — Bei den Liverpooler Wasserwerken ist ein Theil der Röhren mit Muffen verlegt, in welche das andere Rohrende genau, und zwar mit $^1/_{62}$ Conus, hineinpaßt, während der verbleibende Raum mit Asphalt ausgegossen ist. Dieser Verband ist gegen 50% billiger, als die Dichtung mit Blei, gestattet einen ziemlich hohen Druck (bis zu 11 Kil. pro Quadratcent.) und bietet einen großen Widerstand gegen Biegung.

Stuckenholz, über Gußstahlkessel. — Nach den im J. 1860 angestellten vergleichenden Versuchen von Krieger in Wetter ist bei Gußstahlkesseln die Dampfproduction um 28% größer, der Brennmaterialverbrauch aber um 26% geringer, als bei eisernen Kesseln. Spätere Versuche ergaben Aehnliches. Die Blechstärke braucht nur 0,6 so groß zu sein; es ist nämlich die Festigkeit in der Richtung der Fasern 40 bis 45% größer als beim Eisen. Zur Vernietung sind Nieten von weichem Gußstahl zu empfehlen. Der Preis variirt von $16^1/_2$ bis 18 Thlr. pro Centner.

Ernst, über ökonomische Dampferzeugung. — Außer der Wahl einer geeigneten Kohlensorte wird eine große Heizfläche empfohlen, welche durch lange Züge (47 Meter Zuglänge sollen bei 37 Met. Essenhöhe und 0,2 Quadratmeter Querschnitt pro Pferdekraft zulässig sein) erreicht werden kann, auch ist die Bildung von Kesselstein zu verhüten.

Maschinenanlage der Grube Vereins-Glück in Geibsdorf bei Lauban. — Mit Hilfe von mehreren Tafeln wird die Maschinenanlage einer kleineren Braunkohlengrube beschrieben, welche nichts Besonderes zeigt. Sowohl die 20pferdige Wasserhaltungs-, als die 8pferdige Förder-Dampfmaschine sind liegende Maschinen, erstere mit Schleppschiebersteuerung, aber ohne Condensation, letztere mit verstellbarem Excentric zur Umsteuerung versehen. Die Wasserhaltungsmaschine treibt mittelst eines ziemlich langen, durch Schwingen getragenen hölzernen Gestänges und Gegenkreuzen zwei zwölfzollige Hubpumpen mit gemeinsamem Steigrohr und blechernen Schläuchern. Die Fördermaschine bewegt mittelst Vorgelege zwei kleine Seilkörbe, wovon der eine beweglich ist. Zur Dampferzeugung dient für beide Maschinen ein Kessel mit ca. 40 Quadratmeter Heiz- und ca. 1,8 Quadratmeter Rostfläche. Die Canäle haben $^1/_8$ der Rostfläche zum Querschnitt. Der Rost (für Braunkohle) hat 1 Cent. breite Stäbe mit ca. 3,3 Mill. Zwischenraum.

Schmelzer, Braunkohlenziegelpresse von Hertel & Co. in Nienburg a. d. S. — Die mit dieser Maschine gepreßten Ziegel sind sogleich nach dem Austritt aus der Presse so fest, daß man davon 5 übereinander stellen kann. Eine Tonne Braunkohle soll 97 bis 100 Steine geben und die Maschine in 10 Arbeitsstunden 20 bis 30 Tausend Steine liefern, wobei sie (excl. Herzuschaffen des Materiales) 3 Mann zur Bedienung braucht, während per Hand blos 3000 Stück Ziegel pro Mann und Tag fertig würden.

Lüders, über Regulatoren. — Eine interessante theoretische Untersuchung über die Regulatoren, welche als Vorläufer eines besonderen Werkes hierüber anzusehen ist.

Stöß, Chromoxyd als Schleifmittel. — Das als Malerfarbe benutzte Chromoxyd ist nicht hierzu brauchbar, sondern ein Oxyd, welches durch Erhitzen von sauerm chromsauerm Kali bis zur Weißgluth gewonnen wird.

Bequerel, über die Bestimmung hoher Temperaturen. — Bequerel's Methode besteht in der Vergleichung des Volumens des bei einer bestimmten Temperatur in einem Reservoir von Porcellan enthaltenen Gases mit demjenigen Volumen desselben Gases, welches bei constanter Temperatur in einem ausgemessenen Theile des Manometers enthalten ist.

Grahn, über das Schwärzen gußeiserner Röhren. — Hierzu eignet sich am besten der Rückstand von der Theerdestillation, wenn er frei von kohlensaurem Kalk und nicht zu spröde ist. Die Röhren sind erst von allem Roste zu reinigen, dann erhitzt man den Theer in einem besondern Blechkessel auf 250 bis 280° C., senkt die Röhren mittelst einer Winde hinein und läßt sie dann auf einer schrägen Eisenplatte abtropfen.

Feuerfeste Steine aus Magnesit — liefert eine Fabrik zu St. Katharein in Steiermark, wo von Hauer dieses Gestein anstehend gefunden hat.

Die Clifton-Kettenbrücke — hat 220 Meter freie Spannung, 9,5 Met. Breite der Brückenbahn, 21,35 Met. Pfeil der Ketten. Der Querschnitt der Ketten beträgt bei den Pfeilern 3100, in der Mitte 2840 Quadratcentimeter und die Spannung 730 Kilogr. pro Quadratcentimeter. Zur Vermeidung der senkrechten Schwingungen sind zwei schmiedeeiserne Gitterträger angewendet, welche die Fußwege von der Fahrbahn trennen.

Petroleum als Kesselheizmaterial — zu verwenden, wird niemals möglich sein, da der Brennwerth des Petroleums nur 1,6 mal so groß ist, als derjenige der Steinkohle, dasselbe aber 14,3 mal so theuer ist.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem zwölften Bande des

Civilingenieur.

№ 3.

Literatur.

Le Vignole des Mécaniciens. Essai sur la Construction des Machines, Études des Éléments, qui les constituent, Types et Proportions des Organes qui composent les moteurs, les transmissions de mouvements et autres mécanismes. Par Armengaud, ainé, ingénieur, ancien professeur au Conservatoire impérial des Arts et Métiers, Chevallier de la Légion d'honneur. Paris, A. Morel et Co., libraires-éditeurs, rue Bonaparte 13. 1863. (Leipzig, Brockhaus.)

Die Leser des Civilingenieurs haben zu verschiedenen Zeiten Proben von der Art und Weise, wie der Verfasser obigen Werkes die Maschinenelemente behandelt, vorgeführt erhalten (namentlich in den ersten 6 Bänden), und können hiernach selbst beurtheilen, welchen Werth und welche Vorzüge eine nochmals überarbeitete Zusammenstellung dieser früheren Artikel besitzen wird. Vorliegende erste Hälfte giebt eine Sammlung vortrefflich gezeichneter und gut ausgewählter Beispiele von Schrauben, Nieten, Lagern, Wellen, Kuppelungen, Zahnradconstructionen, Riemenscheiben u. dergl. auf 20 in Kupfer gestochenen Tafeln, welche in jeder Maschinenbauwerkstatt und technischen Lehranstalt als Vorlegeblätter dienen können, begleitet von einem elegant gedruckten Texte, welcher nach einem kurzen Ueberblick über die Festigkeitslehre die erforderlichen Erläuterungen zu den Tafeln, einige einfache Constructionsregeln, bequeme Tabellen, mitunter auch interessante Andeutungen über die Methoden der Anfertigung der dargestellten Maschinentheile enthält und vermittelst zahlreicher Holzschnitte noch weitere Ergänzungen zu den Tafeln liefert. Es ist kein Werk von der wissenschaftlichen Bedeutung, wie Wiebe's Lehre von den einfachen Maschinentheilen und andere ähnliche deutsche Werke, weil nirgends eine Begründung der mitgetheilten Constructionsregeln versucht wird, verdient aber deshalb nicht weniger, daneben benutzt zu werden, und wird der einfachen Formeln wegen von manchem Maschinenbauer vielleicht lieber als Reuleaux's Constructeur zu Rathe gezogen werden.

Sulle Bonificazioni, Risale ed Irrigazioni del Regno d'Italia. Relazione a S. E. il Ministro di Agricoltura, Industria e Commercio (Luigi Torelli). Milano. Tipografia e Litografia degli Ingegneri. 1865.

Für ein Land, wie Italien, dessen tiefliegende Ebenen großentheils versumpft sind und die gefährlichsten Miasmen aushauchen, ist eine Arbeit wie die vorliegende, welche theils auf den vom Ministerium des Ackerbaues gesammelten statistischen Notizen, theils auf den von dem Verfasser, dem Central-Inspector über Bonificationen und Bewässerungsanlagen, Marchese Rafaele Pareto durch eigene Anschauung gewonnenen Unterlagen über die Größe und Beschaffenheit dieser Ländereien, sowie über die zu ihrer Ent- und Bewässerung vorhandenen Mittel und Wege beruht, von so außerordentlicher Wichtigkeit, daß wir darüber hier Nichts weiter zu sagen nöthig haben, wir glauben indessen, daß diese umfängliche und von vielen Karten begleitete Schrift auch für andere, sich mit ähnlichen Fragen beschäftigende Techniker von wesentlichem Interesse sein wird.

Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik von Dr. phil. Julius Weisbach, Königl. sächs. Bergrath und Professor an der Bergakademie zu Freiberg, Ritter des königl. sächs. Verdienstordens und des kais. russ. St. Annenordens II. Classe, corresp. Mitglied der kais. Akademie der Wissensch. zu St. Petersburg, Ehrenmitglied des Vereins deutscher Ingenieure, sowie corresp. Mitglied des Vereins für Eisenbahnkunde u. s. w. Vierte verbesserte und vervollständigte Auflage. Zweiter Theil: Statik der Bauwerke und Mechanik der Umtriebsmaschinen. 7. und 8. Lieferung. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn. 1865.

Vorliegende Doppellieferung der Ingenieur- und Maschinenmechanik beschließt das Capitel über die horizontalen Wasserräder und enthält ganz das von den Wassersäulenmaschinen handelnde sechste Capitel des ersten Abschnittes des 2. Theiles, zwei Capitel, welche bekanntlich schon in den früheren Auflagen so vorzüglich abgehandelt waren, daß die neue Auflage außer der Berichtigung einiger Druck- und Rechenfehler auch nur wenig Neues hinzuzufügen im Stande gewesen ist. Doch sind die neuesten Verbesserungen im Bau der Turbinen gewissenhaft berücksichtigt, auch ist der sehr originell construirten Wassersäulenmaschine von Althans auf der Grube Centrum ein Paragraph gewidmet worden.

Die Mechanik. Ein Lehr- und Handbuch zum Gebrauche an Gewerbe- und Realschulen, sowie zum Selbststudium von Dr. Julius Wenck, Director der herzoglichen Gewerbeschule zu Gotha. Mit 175 Figuren in Holzschnitt. Leipzig: F. A. Brockhaus. 1866.

„Je vielfältiger die Zwecke sind, denen eine Wissenschaft zu dienen hat, um so vielseitiger muß sie auch aufgefaßt und

gelehrt werden." Mit diesen Worten sucht der Herr Verfasser gewissermaaßen die Herausgabe dieser neuen Elementar-Mechanik zu rechtfertigen, welche bestimmt ist, Schülern der gewöhnlichen Gewerbe- und Realschulen ohne Anwendung der höheren Mathematik ein klares Bild von den Gesetzen der Mechanik und ihrem Zusammenhange zu geben und sie zu den darauf folgenden Lehrcursen über Maschinenlehre und Bauconstructionslehre vorzubereiten, aber Alles ausschließt, was nicht in ein Lehrbuch der theoretischen Mechanik gehört, und sich daher in dieser Beziehung sehr wesentlich von den verschiedenen elementaren Lehrbüchern der Mechanik unterscheidet, welche wir in neuerer Zeit hier zu besprechen Anlaß gehabt haben, und welche fast ohne Ausnahme gerade darauf einen besondern Werth legen, den Schülern neben den theoretischen Untersuchungen auch zugleich einige einfache Anwendungen vorzuführen. Wir unterlassen es, auf diese verschiedene Ansichten näher einzugehen, wollen aber hier hervorheben, daß der Herr Verfasser es sehr gut verstanden hat, die mechanischen Gesetze mittelst des einfachen wissenschaftlichen Apparates, welchen die ersten Auflagen der Weisbach'schen Ingenieur- und Maschinen-Mechanik zuerst angewendet haben, abzuleiten und darzustellen.

Ueber Gesteinsbohrmaschinen im Allgemeinen und speciell über deren Anwendung beim Streckenbetrieb auf der Galmey-Grube Altenberg bei Aachen. Von Carl Sachs, Maschinen-Inspector der Gesellschaft Vieille-Montagne. Nebst 6 lithographirten Tafeln. Aachen, Verlag von Benrath & Vogelgesang. 1865.

Seit einer Reihe von Jahren und besonders seit Eröffnung der Arbeiten am Mont-Cenis-Tunnel hat das maschinelle Bohren im Gestein die Aufmerksamkeit der Ingenieure lebhaft beschäftigt, während es für den Bergmann schon länger eine der wichtigsten Fragen gebildet hat; das vorliegende Schriftchen, welches einen gelungenen Versuch mit dieser Art des Betriebes beschreibt, kann also nicht verfehlen, allseitiges Interesse zu erregen. Was dessen allgemeinen Theil betrifft, so können wir jedoch nicht verschweigen, daß derselbe mancherlei Unrichtigkeiten enthält, namentlich dem Erfinder desjenigen Systems von Bohrmaschinen, auf welchem die Sachs'sche Bohrmaschine beruht, Herrn Modellmeister Schumann in Freiberg, entschieden Unrecht thut, in welcher Beziehung wir auf die aktenmäßige Darstellung im „Jahrbuche für den Berg- und Hüttenmann" auf 1861 verweisen. Die am Schlusse der vorliegenden Schrift mitgetheilten praktischen Erfolge lassen hoffen, daß nunmehr vielleicht eine Construction von Bohrmaschinen gefunden sein werde, welche einfach und solid genug ist, um den praktischen Bedürfnissen zu genügen.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. Jahrg. 1865. Band IX, Heft 5 bis 9. (Schluß.)

Wagenschmiere. — In England wendet man vielfach für Eisenbahnwagen folgende Schmiere an.

	Sommer.	Winter.
Talg	$4^1/_2$ Ctr. engl.	$3^3/_4$ Ctr. engl.
Palmöl	$2^1/_2$ „ „	$2^1/_2$ „ „
Wallrathöl	22 Pfd.	35 Pfd.
Kryst. Soda	1 Ctr. 8 „	1 Ctr. 14 „
Wasser	12 „ 26 „	12 „ 96 „

Bei der Bereitung löst man in besondern Gefäßen die Fette bei 82 bis 88° C. und das Wasser mit der Soda bei 93° auf, läßt dann beide Flüssigkeiten in hölzerne Kübel laufen und bewirkt durch Rühren eine möglichst langsame Erkaltung.

Spiske, Mittel gegen Kesselstein. — Auf den Fohnsdorfer Braunkohlenwerken wendet man Walkerde (Seifenschiefer, Bergseife) als Mittel gegen Kesselstein an, indem der Schlamm, welchen die Auflösung dieser Erde in Wasser absetzt, den Contact der kesselsteinbildenden festen Bestandtheile des Wassers mit den Kesselwänden hindert.

Ueber das Blasenwerfen beim Schweißen von Puddelstahl-, Feinkorn- und Eisenpacketen. — Abdruck zweier Preisschriften von Zobel und Schrader über diesen Gegenstand, welche durch ein Ausschreiben des technischen Vereins für Eisenhüttenwesen hervorgerufen worden waren.

Krieger, über Gußstahlkessel. — Zunächst wird bemerkt, daß die Erfahrung durchaus nicht gegen die Anwendbarkeit härtbaren Stahlbleches spreche, daß die Fabrikation aber allerdings mit unhärtbaren weichen Qualitäten leichter von Statten gehe. Was die Verdampfung anlange, so finde zwischen Gußstahl- und Eisenblechkesseln das Verhältniß 29:22 statt, wenn der erstere 6,5, der letztere 10,82 Millim. Blechstärke besitzt. Die Besitzer derartiger Kessel bestellten daher auch wieder gußstählerne Kessel nach. Wie in England, so habe man auch bei uns beobachtet, daß solche Kessel mit Stahlnieten genietet werden müssen. Von anderer Seite wird bemerkt, daß die größere Verdampfungsfähigkeit wohl nur in der geringeren Blechdicke ihren Grund habe, und daß man also mit Eisenkesseln dasselbe Resultat erzielen könne, wenn man sie so construire, daß man mit 6,5 Millimeter Blechstärke auskommen könne; der Redner hebt aber auch die geringere Kesselsteinbildung als wesentlichen Vorzug der Gußstahlkessel hervor und von andrer Seite wird noch auf die größere Wärmeleitungsfähigkeit des Stahls aufmerksam gemacht.

Ueber die Anwendung des Condensationswassers zur Kesselspeisung bei Seedampfern — berichtet Herr Peters, daß dieselbe sich sehr unzweckmäßig erwiesen habe, indem gerade dieses Wasser sehr zerstörend auf die Kessel einwirke, sodaß man fortlaufend 20 bis 25% frisches Speisewasser zusetzen müsse. Herr Schimmelbusch erklärt diese Erscheinung durch die Verunreinigung des Condensationswassers mit Fettsäure, welche in Temperaturen von 50 bis 70° den Kessel nach und nach völlig anfresse, dagegen weniger schädlich wirke, wenn in den wärmsten Theil des Kessels gespeist werde. Herr Dietze constatirt weiter, daß die übeln Folgen der Speisung mit Condensationswasser nur bei süßem, nicht bei Seewasser beobachtet worden seien.

Gerber, über die Berechnung der Pauli'schen Brückenträger. — Ausführliche, durch Beispiele erläuteten Theorie, welche hauptsächlich die Berichtigung der im vorigre Bande der Zeitschrift mitgetheilten Kayser'schen Theorie bezweckt. In der letzteren ist nämlich die Spannung in den

Diagonalen vernachlässigt, wodurch als Form für gleichförmige Belastung die Parabelform gefunden wird. Ebenso tritt Herr Gerber sehr entschieden gegen die Schrift von Lentz: „die Balkenbrücken aus Schmiedeeisen" und die Angriffe auf, welche das Pauli'sche System darin gefunden hat.

Malmedie, liegende Dampfmaschine mit abstellbarer Condensation. — Bei dieser Maschine ist besonders die Einrichtung der Condensation hervorzuheben. Dieselbe liegt mit auf der Fundamentplatte der Maschine und ist in der Art arrangirt, daß die nach hinten verlängerte Dampfkolbenstange auch den Kolben der Luftpumpe trägt, welche zugleich die Kalt- und Warmwasserpumpe vorstellt. Der Cylinder dieser Pumpe ist an beiden Enden mit Räumen verbunden, in welchen je ein Saug- und ein Druckventil liegt, und ist über dem Condensationsraume, dagegen unter dem Warmwasserbassin gelagert. Durch Zuschrauben eines Ventiles wird der ausblasende Dampf vom Eintritt in den Condensator abgeschnitten, und damit die Maschine dann nicht vergeblich Wasserpumpe, ist auch in den Saugrohren ein Absperrventil angebracht, sodaß der Pumpenkolben in luftverdünntem Raume spielt, wenn die Maschine ohne Condensation arbeitet.

Knop, über Schraubenpfähle. — Beim Bau des Kais vor der neuen Börse in Berlin kamen 0,47 Meter starke, hohle, gußeiserne Schraubenpfähle zur Verwendung, welche am obern Ende durchlöchert waren, um die zum Eindrehen derselben benutzten Hebebäume hindurchstecken zu können, und am untern, conisch zulaufenden Ende die nicht sehr hervortretende Schraube trugen. Zur Ausgleichung der Höhe des oberen Endes wurden nach dem Eindrehen der Pfähle kurze Aufsatzstücken aufgeschraubt, auf welchen erst die Rostschwellen lagen.

West's Ventil mit Kautschukspirale. — Der Sitz des Ventiles ist ein Conus, in dessen Oberfläche eine halbkreisförmige Spirale eingedreht ist. Letztere ist mit vielen Löchern versehen und nimmt eine Kautschukschnur auf, welche an beiden Enden auf dem Ventilkörper befestigt ist. Die Durchströmungsöffnung kann bei dieser Einrichtung schon eine ziemlich große werden und die Liderung ist sehr einfach.

Boner, über einen russischen Wasserhebungsapparat. — Derselbe besteht aus einem über zwei Riemenscheiben laufenden, 15 Centimeter breiten, aus doppelten Lagen von grobem Tuch gebildeten Riemen, welcher sich unten voll Wasser saugt und dieses auf der obern Scheibe wieder abgiebt.

Nitschke, pneumatischer Gichtaufzug. — Auf Neuschottland bei Steele ist ein sehr einfacher Gichtaufzug in Gang, welcher aus einer in Wasser tauchenden und mit Rollen geleiteten Gasometerhaube besteht. Auf den Deckel dieses Gasometers werden die Gichtwagen geschoben, dann wird Wind aus dem Gebläseregulator von 0,22 Kilogr. Pressung pro Quadr.-Centim. mittelst eines per Hand bewegten Steuerschiebers darunter gelassen und der Aufgang erfolgt, wobei das Gewicht der Glocke durch Gegengewichte ausgeglichen ist. Der Niedergang wird durch das eigne Gewicht der Glocke bewirkt, sobald man den Wind austreten läßt.

Werner, Lagerung stehender Ventilatorwellen. — Die stählerne Pfanne, auf welcher der abgerundete Spurzapfen läuft, ist in der Mitte durchbohrt und ruht im Deckel eines Kästchens, welches durch ein danebenstehendes Schmierbehältniß stets mit Oel gefüllt wird.

Knott's rotirende Pumpe. — In einem Cylinder rotirt ein Excenter, mit dessen Ringe eine feste Scheidewand verbunden ist. Die Letztere, welche das eintretende von dem austretenden Wasser trennt, geht durch eine Oeffnung im obern Theile des Cylinders hindurch, mit welcher das Saug- und Steigrohr verbunden sind, und wird in einer geschlitzten Welle geführt, während die entgegengesetzte Seite des Excenterringes an der inneren Peripherie des Cylinders hinstreicht und als Kolben wirkt.

Becker, Dampftrockner für Kessel mit niedrigen Domen. — Derselbe besteht aus einem spiralförmig gewundenen, horizontal im Dampfdome liegenden Kupferrohre, an dessen innerem Ende die Dämpfe einströmen, um es nach 1 bis 2 Kreisläufen wieder zu verlassen. Hierbei entladet sich der Dampf des mitgerissenen Wassers, welches durch kleine Löcher wieder in den Kessel fällt.

Ueber das Bessemern. — Nach der Schrift von Boman: „das Bessemern in Schweden" und der Abhandlung von Dr. Wedding in der Zeitschrift für das Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im preußischen Staate, 1863.

Schulze, Theorie einer Bogenbrücke. —

Pütsch, Wasserglasanstrich für Dachconstructionen. — Zum Schutz des Dachstuhles der Glashütte Surte bei Gothenburg gegen die Hitze hat man das Holzwerk mit einer sehr verdünnten Wasserglaslösung 5 bis 6 mal gestrichen. Das Wasserglas wurde gefertigt aus: 180 Pfd. Sand, 110 Pfd. Glaubersalz und 10 Pfd. gepulverten Cokes, welche Masse in großen Häfen im Glasofen eingeschmolzen und dann auf eisernen Platten der langsamen Auskühlung überlassen wurde.

Nobel's Sprengöl (Nitroglycerin). — Zu Stora-Rönsholmen wurden nach Angabe des Erfinders in theilweise zerklüftetem Granit mit einem 1,8 Meter tiefen, 25 Mill. weiten Bohrloche und $1\frac{1}{4}$ Kil. Sprengöl Ladung 70000 Kilogr. Masse abgesprengt. Man berechnet 35% Ersparniß gegen das Sprengen mit Pulver.

Barnes, Wassergestängepumpe. — Beschreibung einer nicht sehr vollkommenen Art von Pumpen mit hydrostatischem Gestänge nach the practical Mechanic's Journal.

Dampfsäge mit Bundgatter. — Nach Dingler's polytechn. Journal, Bd. 175. Der Dampfkessel ist auf Heizung mit Sägespänen eingerichtet, weshalb über dem Roste zwei kleine Gewölbe aus feuerfesten Ziegeln angebracht sind, welche den Feuerraum in zwei, nicht gleichzeitig zu beschickende Theile theilen und mit Oeffnungen versehen sind, durch welche die Gase unter den Kessel treten. Auch Oeffnungen zur Zuführung erwärmter Luft sind vorhanden. Der Dampfcylinder steht unter dem Gatter, ist auf Expansion und Condensation eingerichtet und arbeitet beim Abwärtsgange des Gatters ziehend auf die Säge, indem das etwa 2 Meter hohe, 1 Meter breite Doppelgatter mit der Kolbenstange gekuppelt ist. Die Schwungradwelle liegt unter dem Cylinder, trägt zwei Schwungräder und bewirkt außer der Steuerung der Maschine auch den Vorschub der Blöcke mittelst eines neuen Mechanismus. Es wird nämlich von dem einen Schwungrade mittelst Lenkstange und zweier Frictionsklinkräder eine

Scheibe bewegt und diese treibt durch Zahnradvorgelege zwei unter den Blöcken an der Arbeitsstelle, also zu beiden Seiten der Sägen, querdurchgehende canelirte Walzen allemal beim Aufwärtsgange vorwärts, während die Hölzer von oben durch eine Druckvorrichtung mit Federn gegen diese Walzen gedrückt werden. Das hintere Blockende liegt auf einem vierrädrigen Wagen und wird gehalten durch eine Art Zange, welche sich in horizontaler und verticaler Richtung verstellen läßt. Ebenso wird das vordere Ende durch einen solchen Wagen getragen, um den Block einspannen zu können, wenn er bereits ein Walzenpaar verlassen hat. Diese Vorrichtung soll eine um 45 % größere Leistung gewähren.

Die Steinbrechmaschine der Georgs-Marienhütte bei Osnabrück — zerkleinert in 10 Stunden 1000 bis 1500 Ctr. Kalkstein und kostet incl. 6pferdiger Locomobile 2100 Thlr. Die Betriebskosten berechnen sich bei 700 Pfd. Kohlenverbrauch pro Tag (10 Pfd. pro Stunde und Pferdekraft) auf 3 Thlr. 24 Sgr. — Pf. Die Concordiahütte im Herzogthum Nassau hat nur 1,6 Pferdekraft zum Betrieb und bricht in der Stunde 40 Ctr. Mainzer Kalkstein; ebensoviel bricht auch eine in der chemischen Fabrik zu Frankfurt a. M. aufgestellte derartige Maschine bei schwacher Betriebskraft.

Paterson's Mühle — besteht aus zwei conischen Mühlsteinen aus Stein mit eingehauenen Furchen oder aus gezähnten gußeisernen oder stählernen Scheiben, welche an zwei etwas excentrisch gelagerten Wellen sitzen und an der Stelle, wo sie am weitesten von einander abstehen, mit Schabmessern versehen sind. Dieselbe dient zur Zerkleinerung vegetabilischer und animalischer Stoffe und soll in einer Stunde 20 Ctr. Knochen zu Staub zermahlen.

Stambke, über die Entstehung von Härterissen im Gußstahl. — Gußstahl, welcher auch innerhalb zulässiger Temperaturen durch Erwärmen leicht verdorben wird, erhält durch ungleiche Erwärmung die sogenannten Härterisse, welche die Festigkeit so sehr schwächen, daß man für Eisenbahnwagen selbst nicht schwach gehärtete Axen und zu den Bandagen von Bremswagen, zu Schlittenbremsen u. dergl. nie mit Sicherheit Gußstahl anwenden kann.

List, über die Constitution des Stahles. — Nach Caron's Untersuchungen wird nicht nur durch das Härten, sondern auch durch bloses Hämmern Kohlenstoff, welcher vorher nur als Graphit im Eisen enthalten war, chemisch damit verbunden, was in der bei diesen Processen stattfindenden Näherung der Atome begründet sein mag. Die Behauptung, daß im Stahl eine wesentliche Menge Stickstoff enthalten sei, wird durch Caron's Versuche nicht bestätigt, dagegen will de Cizancourt gefunden haben, daß der Stahl reichliche Mengen von Kohlenoxyd enthalte, welche nur die Zwischenräume der Atome ausfüllen, so lange noch eine hohe Temperatur herrscht, beim weitern Erkalten aber allmälig gebunden würden und in Folge der plötzlichen Erstarrung beim Härten darin eingeschlossen blieben. Durch die Expansivkraft dieser Gase würde sich die Sprödigkeit des gehärteten Stahles und das Aufblähen des Stahles beim Härten erklären.

Dampfkesselgesetze. — Königl. Bayerische Verordnung, Sicherheitsmaaßregeln bei der Anlage und dem Gebrauche von Dampfkesseln und Dampfapparaten in Bayern betreffend, vom 7. August 1864 mit den Abänderungen vom 12. Februar 1865.

Feichtinger, über deutschen Portlandcement. — Sowohl der Zusammensetzung als der Güte nach sind viele deutsche Portlandcemente den englischen ganz gleichzusetzen. Derjenige von Saulich in Perlmoos bei Kufstein ist ein natürlicher hydraulischer Kalk, welcher 78,23 % in Salzsäure lösbare und 21,77 % unlösbare Bestandtheile besitzt. Erstere bestehen aus 70,64 kohlens. Kalk, 1,02 kohlens. Bittererde, 2,58 Eisenoxyde, 2,86 Thonerde, 0,34 Gyps und 0,79 Wasser und organische Stoffe, die in Salzsäure unlöslichen Bestandtheile sind aber: 15,92 Kieselsäure, 3,08 Thonerde, 1,40 Eisenoxyd, 0,55 Kali, 0,82 Natron. Die Zusammensetzung des sogenannten Thones des Kufsteiner Mergels ist günstiger als bei dem Thone vom Medwayflusse, worin 17,0 Thonerde, 21,6 Eisenoxyd, 2,8 Kali und 3,0 Natron enthalten sind, während Ersterer 19,34 Thonerde, 8,79 Eisenoxyd, 3,45 Kali und 5,15 Natron enthält.

Conservirung der Pumpenliderungen. — Auf den Oberharzer Gruben tränkt man die Stulpe der Kolben, nachdem sie in einem mäßigen erwärmten Raume gehörig getrocknet sind, in nicht zu heiß gemachtem Holztheer, bis keine Luftblasen mehr entweichen, und hängt sie dann zum Trocknen auf.

Morrison's doppelt wirkender Dampfhammer. — Bei dieser Anordnung ist die Chabotte mit dem unteren Theile des Gestelles aus einem Stück gefertigt, welches eine sehr große Grundplatte besitzt. Das Gestell ist mittelst Einlage von hartem Holz darauf befestigt. Der Cylinder besteht aus zwei Hälften, welche mit je einer Hälfte des Gestelles aus einem Stück gegossen sind und auch angegossene halbe Cylinderböden und Stopfbüchsen besitzen. Ebenso ist Kolben, Kolbenstange und Hammerkopf aus einem Stück geschmiedet. Die Beine des Gestelles geben zugleich die Führungen des Hammerkopfes ab, welche fast bis auf die Chabotte herabreichen. Das Steuerungsventil ist entlastet und bequem zu handhaben. Solche Hämmer werden um 20 %, ihre Fundamentirung aber um 50 % billiger, als bei der alten Einrichtung, da hier nur eine doppelte Lage von aufeinander liegenden Hölzern erforderlich ist.

Zeitschrift für Bauwesen. Jahrgang XV, 1865, Heft 7 bis 12.

Empfangsgebäude auf den Bahnhöfen zu Thorn und zu Regensburg. — Ersteres ist elegant in Fachwerk und einstöckig ausgeführt, Letzteres ziemlich einfach in Backsteinen.

Ueber Blitzableiter. — Gutachten der Akademie der Wissenschaften in Berlin. Der durch einen Blitzableiter geschützte Kreis hat die zweifache Höhe der Auffangestange über ihrer Befestigung zum Halbmesser. Sind in diesem Kreise erhabene Gegenstände mit scharfen Kanten und Ecken auf dem Dache angebracht, so müssen sie durch Metallstreifen mit der Ableitung verbunden werden, und dasselbe gilt von eisernen Hängewerken, metallener Deckung, größern Metallmassen im Innern. Die Auffangestangen müssen genügend stark sein und erhalten am besten vergoldete kupferne Spitzen, welche auf 20 Cent. cylindrisch und dann auf 3 Cent. Länge conisch verlaufen. Zur Leitung sind Gliederketten und Drahtseile untauglich, dagegen genügen eiserne, zusammengelöthete oder genietete Stäbe von 1,8 Quadr.-Cent. Querschnitt; dieselben müssen aber bis in den feuchten Boden fortgezogen werden.

Die Abdeckung und Entwässerung größerer gewölbter Brücken auf den preußischen Eisenbahnen. — Nach den Mittheilungen der Bahnverwaltungen. Die beste Abdeckung scheint diejenige mit einer Lage von natürlichem Asphalt zu geben, weil dieses Material zäh ist und nicht so leicht Risse bekommt, doch ist es gut, den Zeitpunkt des Setzens des Gewölbes abzuwarten, ehe man die Abdeckung aufbringt, und andrerseits die Abdeckung durch eine Sandüberschüttung und eine starke Steinbettung darüber zu schützen. Von den versuchten Abwässerungsmethoden hat sich keine allgemein bewährt, daher ist die Zahl der Sammelstellen für das bis auf die Abdeckung eingedrungene Sickerwasser möglichst gering anzunehmen. Bei der Anordnung solcher Sammelstellen in der Längenaxe der Brücke muß man gußeiserne Abführungsrohre vermeiden, weil sie durch ihre Längenveränderung bei Temperaturwechseln die Schutzdecke benachtheiligen und leicht einfrieren. Leichter ist eine gute Entwässerung dadurch zu bewirken, daß man das Wasser durch die Stirnen über möglichst weit vorragende Traufsteine abführt.

Empfangsgebäude auf Eisenbahn-Zwischenstationen. — Als Regeln für die Einrichtung solcher Stationsgebäude, von denen hier eine ganze Sammlung von Grundrissen mitgetheilt wird, gilt, daß man ihnen eine längliche rechteckige Form giebt mit dem Portal in der Mitte der von der Bahn abgekehrten Langseite, dann daß das Vestibül hell und geräumig und so angelegt wird, daß man von da aus in die Wartesäle, Billet- und Gepäck-Expedition, Telegraphenbureau u. dergl. gelangen kann, daß die Wartesäle und die Räume für den Stationsdienst vom Perron aus zugänglich sind, daß das Publikum vom Vestibül aus möglichst direct zur Billet- und Gepäckexpedition und leicht zu den Wartesälen 3. und 4. Classe, für welche bei starker Frequenz besondere Billetausgaben mit davorstehenden Tischen zum Ablegen des Handgepäckes einzurichten sind, zu gelangen im Stande ist, daß die Räume für den Stationsdienst bequem nebeneinanderliegen, daß für den Fall später nöthig werdender Erweiterungen der größte Wartesaal zweckmäßig in einen besondern Anbau an einer Giebelseite gelegt wird, daß auf zugigen Stellen zwischen den Wartesälen und dem Perron ein besonderer Ausgangsflur anzubringen ist, daß in den Vestibülen und Wartesälen Pfeiler und Säulen, sowie auf der Perronseite der Gebäude Mauervorsprünge möglichst zu vermeiden sind, daß einfache Beamtenwohnungen den eingebauten Wohnungen vorzuziehen sind, alle Treppen in's obere Geschoß von besonderen Zugängen ausgehen, Retiraden und Wirthschaftshöfe aber in directer Verbindung mit dem Empfangsgebäude stehen müssen.

Haltsignal an Bahndurchkreuzungen. — Beschreibung eines schmiedeeisernen optischen Telegraphen, welcher an der Durchkreuzung der Breslauer Bahnhofsverbindungsbahn mit der Breslau-Schweidnitz-Freiburger Eisenbahn aufgestellt ist. Derselbe hat vier Arme (paarweise normal zur betreffenden Bahn), deren horizontale Lage geschlossene Bahn bedeutet, während das Zeichen für offene Bahn dadurch gegeben wird, daß der vom Zuge aus rechts gesehene Arm schräg in die Höhe gezogen wird. Nachts giebt weißes Licht das Signal „fahrbar", rothes das Haltezeichen.

Schwedler, Resultate über die Construction eiserner Brücken. — Dieser interessante Aufsatz bringt eine graphische Tabelle, in welcher die eisernen Brücken verschiedener Construction von 23 deutschen Bahnen, mit ihren Spannweiten und Gewichten pro laufendes Meter eingetragen sind, und der Versuch gemacht ist, die Brücken einer Constructionsart durch Curven zu verbinden. Nach Anhalten dieser Zusammenstellung giebt der Herr Verfasser für das Gewicht pro Meter und Geleis p in Centnern bei 1 Meter Spannweite folgende einfache Formeln:

für leicht construirte Brücken von 10 bis 60 Meter Weite unter günstigen Umständen . . . . $p = 7{,}5 + 0{,}5\,l$

für Brücken von 10 bis 100 Meter Weite im Durchschnitt bei Ueberschlägen . . $p = 8 + 0{,}6\,l$

und da die Kosten incl. Aufstellen zwischen 8 und 12 Thlr. variiren, so kann man durchschnittlich auf eine eingeleisige Brücke von 1 Meter Spannweite einen Kostenaufwand von $80\,l + 6\,l^2$ veranschlagen. Von den übrigen hier mitgetheilten Constructionsregeln theilen wir noch folgende mit. Kleine Brücken sind eingleisig, große zweigleisig und die Pfeiler stets zweigleisig auszuführen. Die Fahrbahn ist nur mittelst zwei Hauptträgern zu unterstützen, welche mittelst Kreuzverstrebung in der Fläche einer Gurtung untereinander verbunden sind. Der Kreuzverband ist mit Spannung einzubringen und nach den Auflagern hin stärker zu machen, ist auch doppelt nöthig, wenn die Hauptträger über 6 Meter hoch sind. Der Abstand der Querträger darf die 12 bis 15fache Gurtungsbreite nicht überschreiten, und wenn sie die Last der Fahrbahn auf die Hauptträger übertragen, sind sie bei eingleisiger Bahn nicht unter $^2/_3$, bei zweigleisiger nicht unter 1 Meter hoch zu nehmen. Hölzerne Langschwellen unter den Schienen sind unzweckmäßig, eiserne Schienenträger oder Langschwellen haben sich aber bewährt, wenn sie stabil genug construirt sind; gewöhnlich nimmt man hölzerne Querschwellen von 23×26 Centim. auf Schwellenträgern, welche zwischen den Querverbindungen befestigt und 2,3 oder 4 Meter lang sind. Eisenstärken unter 10 Millim. sind nicht zu empfehlen. Die Eisentheile sind warm, mittelst versenkter Nieten von 16 bis 26 Mill. Stärke in ausgeriebenen Löchern zu vernieten. Einseitig anzunietende Platten sind gleich der Hälfte, zweiseitig anzunietende Eisensorten gleich dem ganzen Nietdurchmesser zu nehmen und große Verschiedenheiten in den Nietstärken zu vermeiden. Wird die Schaftlänge der Nieten mehr als dreimal so groß als der Durchmesser, so sind auch conisch abgedrehte Bolzen anwendbar. Die Niettheilung ist bei einfacher Nietung das 3 bis 4fache des Durchmessers, der Abstand der Nietreihen so groß zu nehmen, daß der gerade Schnitt durch eine Nietreihe kleiner ausfällt, als ein durch die nächste Reihe mit mehr Nieten gelegter Schnitt. Die Eisensorten sind möglichst einfach und in großen Längen zu disponiren, Wassersäcke zu vermeiden und leichte Zugänglichkeit zu berücksichtigen. Zulässige Belastung pro Quadr.-Millim. Querschnitt 7,3 Kilogramm, wobei gedrückte Stäbe nur auf die zwölffache Länge der kleinsten Dimension (resp. das 24fache, wenn sie an den Enden mit stärkeren Gruppen fest verbunden sind,) frei sein dürfen. Was die Construction der Brückenträger anlangt, so sind bis zu 5 Meter gewalzte Balken, für kleine Brücken Blechbalken und für größere Gitter- oder Fachwerksträger zu empfehlen. Blechbalken sind auch bei niedrigen Balkenhöhen (unter $^1/_{10}$ der Spannweite), für Schwellenträger und Querverbindungen sehr zweckmäßig. Bei Brücken von 10 bis 60 Meter Spannweite kann man auf 127 Ctr. Maximalbelastung incl. Eigengewicht pro lauf. Meter, 63 bis 95 Ctr. ohne

Eigengewicht rechnen. Ist der Balken 10mal so lang als hoch, so kann man auf den Querschnitt durch die Gurtungen, welche ein Geleise tragen, soviel Quadratzoll rechnen, als die Brücke rhein. Fuß lang ist. Fachwerksträger sind die solidesten und billigsten Balkensysteme. Die Zugstäbe sind dabei aus einfachen Platten, die Druckstäbe aus Doppelplatten mit Stehbolzen, oder doppelten Winkel- oder T Eisen oder vierfachen Winkeleisen mit Platten, kleinen Gitterwerken u. s. w. zu bilden. Krümmung der Gurtungen bietet mancherlei Schwierigkeiten der Ausführung und des Querverbandes. Bogen- und Hängebrücken müssen wenigstens an den Widerlagen auf Halbzapfen stehen, besser ist es, sie aus zwei festen, in der Mitte durch ein Charnier verbundenen Hälften zu construiren. Sie sind nur bei leicht herzustellenden Widerlagspfeilern und reichlich vorhandener Constructionshöhe billiger als Balkenbrücken.

Ammon, über den Hausschwamm. — Der Haus- oder Thränenschwamm zeigt sich an völlig dunkeln und von äußerer Luft abgeschlossenen Orten gewebe- und fadenartig vegetirend, da wo er mit der äußern Luft in Berührung tritt, in dicken Ballen oder flechtenartig gelagert, erzeugt, wenn er versteckt im Holze vegetirt, die sogenannte Trockenfäule und zeigt sich in dunkeln Nadelholzwaldungen an faulen Stümpfen nahe über dem Boden in pilzartiger Gestalt, an gefällten feuchtliegenden Bäumen unter der Rinde als seidenartiges Gewebe u. s. w. Er haucht Kohlensäure aus, welche er bei dem Zersetzungsprocesse aus dem Holze entnimmt, und schwitzt Feuchtigkeit bis zu starken Tropfen aus, verdirbt also die Luft der Locale, in welchen er wuchert. Er sucht seine Nahrung besonders im weichen, saftreichen Splintholze, greift dagegen festes Eichen- und Kernholz, sowie ausgewässertes Holz wenig an und verträgt auch große Feuchtigkeit nicht. Hat er das Holzwerk ausgesogen, so stirbt er ab und senkt seine Wurzeln in die darunter liegende Füllerde oder das Mauerwerk; im Sommer stockt seine Vegetation größtentheils, erwacht aber unter geeigneten Verhältnissen (Feuchtigkeit, mäßige Wärme und Dunkelheit) in der Umgebung geheizter Räume wieder. Hauptursache der so allgemeinen Verbreitung des Hausschwammes ist die vielfache Verwendung unreifen Holzes; würde mehr Halb- und Kreuzholz von ausgewachsenen Stämmen verwendet, so würde das Holzwerk dauerhafter sein. Auch sollten die Dielenlager (wozu man nur Eichenholz nehmen sollte) nicht in die Unterfüllung eingebettet, sondern blos darauf gelegt werden, auch wird man dann noch gut thun, der Zimmerluft durch Löcher in den Schauerleisten Zutritt zu dem Raume unter den Dielen zu verschaffen. Zum Vertreiben des Schwammes muß man der äußeren Luft Zutritt und Circulation in diesen Räumen verschaffen, alles angegangene Holzwerk und Geschütte entfernen, das neue Holzwerk wiederholt tüchtig mit Kupfervitriollösung tränken und nur trockne humusfreie Unterfüllung anwenden. Die Luftcanäle darf man im Winter nicht ungestraft verstopfen, weil dann der Schwamm wieder zu vegetiren anfängt, muß sie daher im Frühjahr immer wieder öffnen.

Französische Normalien für kleinere Eisenbahnbrücken. — Zwei Tafeln mit Detailzeichnungen von den auf einem der größeren französischen Eisenbahncomplexe eingeführten Normalien.

Hesekiel, über die besten und wohlfeilsten Eisenbahnwagen-Axen und Räder. — Nach sachgemäßer Erwägung der verschiedenen Vor- und Nachtheile der üblichen Eisenbahnwagenräder und Anführung zahlreicher Erfahrungsresultate spricht der Herr Verfasser den Gußstahlscheibenrädern für Personenwagen, welche nicht stärker als 1 : 200 steigende Bahnen befahren, den aus einem Stück gefertigten schmiedeeisernen Scheibenrädern mit Feinkorn- oder Puddelstahl-Bandagen für Güterwagen den Vorrang zu. Als Axen sind blos noch Gußstahlaxen von 117 Millim. Stärke in der Nabe und 104 Mill. Stärke in der Mitte zu empfehlen.

Bönisch, über die Verwendung der Nebenproducte der Eisen- und Zinkfabrikation im Bauwesen. — Hohofenschlacke läßt sich, pulverisirt und mit Chlorwasserstoffsäure übergossen, wo sie gallertartig und durchsichtig wird, als Zusatz zum Kalk benutzen, wenn man hydraulischen Kalk bereiten will. Um solche Schlacke pochen zu können, leitet man beim Ausfließen einen breiten Strahl von Wasserdampf dagegen, was sie in dünne Fäden zertheilt. Zum Beschütten der Chausseen, zu Pflasterungen und Schlackenziegeln muß die Schlacke getempert, d. h. in eine nahe beim Hohofen angebrachte, mit Coakslösche ausgefütterte Grube abgestochen werden und unter einer Decke von Schlackengrus 24 Stunden verkühlen. Die Straße muß stark gewölbt und vorsichtig gerammt werden. Die Schlackenziegel bildet man in der Art, daß die flüssige Masse in auseinandernehmbaren Formen mit trocknem Sand gemischt und gestampft wird, worauf man die Ziegel in Haufen setzt und die Zwischenräume mit Staubkohle ausfüllt. — Die Räumasche der Zinkhütten dient schon lange zur Straßenschotterung und gesiebt zum Beschütten der Gartenwege, tödtet aber die damit in Berührung kommenden Bäume. Mit frischgelöschtem Kalk giebt sie guten Piséeschlag zu Fundamenten, Estrichen, gestampftem Mauerwerk u. dergl. Die Räumasche wird mit frischer, womöglich noch heißer Kalkmilch getränkt und in 15 Cent. starken Lagen sorgfältig festgestampft. Man muß aber röthliche Räumasche nehmen, welche in der Halde noch einmal durchgeglüht ist, und der Kalk muß vollständig abgelöscht und frei von kleinen ungelöschten Stückchen sein, weshalb man die Kalkmilch durch ein Sieb laufen läßt. $6\frac{1}{2}$ Cubikmeter Räumasche und 2,2 Hektoliter Kalk geben $4\frac{1}{3}$ Cubikmeter Stampfmasse. Gesiebte Räumasche wird auch als Sand zur Mörtelbereitung verwendet und übertrifft in dieser Beziehung das Ziegelmehl.

Wiedenfeld, über einen Schiffsdurchlaß bei Melun. — Derselbe besteht aus 50 beweglichen Klappen, welche sich um eine nahe unter ihrem Schwerpunkte (bei $\frac{5}{12}$ ihrer Höhe) angebrachte horizontale Axe drehen und unten an einen Drempel anschlagen. Die Axen ruhen in umlegbaren Gestellen, welche sich um Zapfen drehen, die am Drempel befestigt sind, und durch Streben, welche sich gegen einen am Schleusenboden befestigten Stemmschuh stützen, aufrecht erhalten werden. Eine nahe am Fußpunkte dieser Stützen liegende, mit Ansätzen versehene Stellstange, welche mittelst Vorgelege zur Seite bewegt werden kann, rückt nach Belieben diese Stützen aus, worauf die Klappen durch den Wasserdruck auf den Schleusenboden in entsprechende Versenkungen niedergelegt werden. Beim Aufrichten faßt man die Klappen mittelst eines Hakens am Schwanzende und hebt sie so lange, bis die Streben wieder in die Stemmschuhe gelangt sind, worauf sich die Klappe, deren unterstes Ende ein Gewicht von 126 Pfd. trägt, von selbst in die Höhe stellt. Zwischen den Klappen befindet sich ein Spielraum von 4 bis 10 Centimetern.

Koch, über die Fundirung der Pregelbrücke bei Königsberg. — Wegen schlechten Baugrundes (es fand sich nämlich bei 9,5 Meter Wassertiefe eine bis zu 19 Met. Tiefe verfolgte Lage feiner Triebsand) hat diese Brücke blos einen Flußpfeiler erhalten, dessen Gründung mittelst eiserner Senkkasten und comprimirter Luft in ähnlicher Weise wie bei der Kehler Rheinbrücke bewirkt wurde. Dieser Senkkasten war 6,28 Met. breit, 2,5 Met. hoch und ca. 16 Met. lang, und mit zwei Einsteigerohren mit Luftschleuse, sowie mit einer Röhre zur Baggerung versehen. Bei der Versenkung dieses mittelst Ketten und Schraubenspindeln am Gerüste aufgehangenen Senkkastens wurde die Mauerung stets zu solcher Höhe aufgeführt, daß über dem Wasser gemauert werden konnte.

Schwedler, über die eisernen Kuppeldächer der Berliner Gasometergebäude. — Der Herr Verfasser hat ein 30,8, ein 40,8 und ein 44 Meter weites Kuppeldach in der Art hergestellt, daß je 24 radiale Sparren mit 5 Ringen unter sich verbunden worden sind. Die Sparren der größeren Dächer sind Gitterbalken von parabolischer Form, welche außer den Ringen und Fetten durch Zugstangenkreuze unter sich verbunden sind. Die Aufstellung geschah in der Art, daß zunächst der mittlere Dachtheil mit Weglassung des äußeren 3,14 Met. breiten Ringes im Innern des Gebäudes zusammengesetzt und im Ganzen an Ketten mittelst Hebeladen aufgezogen und erst dann der äußere Ring angesetzt wurde. Die Hebeladen hatten Hebel von 105 und 4 Centim. Armlänge und hoben bei jedem Hube das Dach um 2,62 Centimeter.

Weishaupt, über die Abnutzung des Fahrpersonals. — Der Herr Verfasser findet die von Herrn v. Weber gezogenen Folgerungen über die rasche Abnutzung des Fahrpersonals bei den Eisenbahnen für nicht ganz begründet. Aerztliche Zeugnisse beweisen, daß v. Weber's Befürchtungen wegen schwankenden Ganges, stoßweiser Convulsionen, frühzeitiger Abnahme der Intelligenz und Sinnesschärfe der Fahrbeamten sich bisher nicht bestätigt haben. Bei 384 Beamten kamen für jeden jährlich im Durchschnitt nur 10,3 Krankentage vor, was mit der von Moser angegebenen Zahl der Krankheitstage der Arbeiterbevölkerung zwischen 27 bis 60 Jahren stimmt; die jüngeren Beamten hatten sogar mehr Krankheitstage, als die älteren, während dies bei der Arbeiterbevölkerung nach Moser umgekehrt ist. Die Sterblichkeit beträgt jährlich 0,6 Procent, nach Moser aber im Alter von 25 bis 60 Jahren 1,3 Procent; sie ist auch geringer als bei den Bahnbeamten, von denen durchschnittlich 1,108 Proc. invalid werden und 0,908 Proc. pro Jahr sterben.

Weise, Locomotivhaus der Berlin-Potsdam-Magdeburger Eisenbahn in Berlin. — Ueber dieses höchst geschmackvolle und den schwierigen Terrainverhältnissen vortrefflich angepaßte Gebäude läßt sich in Ermangelung von Zeichnungen nur wenig referiren. Das Gebäude, welches 13 Locomotiven aufnimmt, besteht im Grundriß aus zwei zusammengeschobenen Viertelkreisen. Daneben befindet sich ein achteckiger Thurm mit Wohnungen zur Unterbringung des Dienstpersonals und einem 5,65 Meter im Durchmesser haltenden, 1,89 Met. hohen blechernen Wasserbassin, und außerdem sind Arbeitslocale für Stellmacher, Schlosser und Schmiede angebracht. Die eiserne Dachconstruction, welche den 53 Met. langen, 32 Met. breiten Raum des eigentlichen Locomotivenschuppens frei überspannt, ruht auf 14 Mauerpfeilern. Ein daneben stehender 25,1 Met. langer, 14,75 Met. tiefer Kohlenspeicher enthält im Souterrain ein Oelmagazin, eine Klempnerwerkstatt, Wohnräume, Holzställe u. dergl., das 1,88 Met. über den Schienen liegende Erdgeschoß enthält die Kohlen- und Cokes-Magazine. Bei der Gründung der Gebäude wurde, weil sie neben den Hauptfahrgeleisen stehen, und der Grund aus Sand, einer darüber liegenden 0,8 bis 1 Met. starken Torfschicht und einem 2,5 Met. starken Deckgebirge von aufgefülltem Boden besteht, Pfeilergründung angewendet und nur eine geringe Belastung von ca. 250 bis 300 Ctr. pro Qu.-Meter gegeben. Der mit 0,6 bis 1,25 Met. Stärke in die Baugruben eingebrachte Beton bestand aus 1 Th. Portlandcement, 3 Th. Sand und 6 Th. geschlagene Steine, woraus 7 Theile Beton in nassem Zustande wurden. Die Dachconstruction zeigt 14 von der Peripherie nach einer hufeisenförmigen Trommel aufsteigende Gitterbalken, deren obere Gurtungen in der Dachfläche liegen und in den Knotenpunkten durch fünf halbe polygonale Ringe unter sich verbunden sind, während die unteren Gurtungen in derselben Horizontalebene liegen. Auf den Querverbindungen liegen hölzerne Platten und auf diesen die hölzernen Sparren. Höchste Beanspruchung der Eisentheile 650 Kil. pro Quadr.-Cent. Eigengewicht der Dachconstruction incl. Eindeckung 150 Pfd. pro Quadratmeter. Ganzes Gewicht 1000 Ctr. Kosten pro Qu.-Meter $8^1/_3$ Thlr. Bei der Probe mit 228 Pfd. pro Quadratmeter ergaben sich außerordentlich geringe Längenänderungen der Gurtungen des Querträgers, man kann daher dem Herrn Verfasser beipflichten, wenn er die Ansicht ausspricht, daß derartige Dachconstructionen mehr wie Gewölbe angesehen werden müssen.

v. Rehus, Bau des Trockendocks in Kopenhagen. — Ein für Privatwerften geeignetes, nicht zu theures Bauwerk nach dem Muster der neuen Trockendocks zu Southampton, dessen Bau hier ausführlich beschrieben wird. Vor Beginn des Baues wurde mittelst Kreis- und Erdbohrern vom Flosse aus der Grund untersucht, wobei 1 Zimmermann und 4 Arbeiter täglich durchschnittlich 0,7 Meter vorrückten. Zuoberst lag ca. 1 Meter blauer Lehm mit Sand und Kies, darunter reiner Sand und Kies, oder gelblicher steiniger Lehm, zuunterst Kalkstein, der Boden war also fest genug, ließ aber einen sehr starken Wasserzudrang befürchten. Die Dimensionen wurden nach der Größe des größten dänischen Linienschiffes folgendermaaßen bestimmt. Länge auf dem Boden von der Schleuse zur Treppe = 78,5 Met., Breite in der Schleuse = 18,2 Met., Tiefe in der Schleuse = 6,27 Met., Tiefe des Docks gerade hinter der Schleuse = 6,75 Meter. Die Pläne entwarf der Erbauer der Southamptoner Trockendocks, Herr Giles in London, unter dessen Oberleitung auch die Ausführung erfolgte. Den Boden bildet ein im Mittel 1,78 Met. starkes umgekehrtes Gewölbe von 18,75 Met. Spannweite und 3,9 Met. Höhe, welches aus mehreren, in Cement gemauerten Ringen auf der hohen Kante stehender Steine mit eingelegten Bandeisenringen besteht, und worin für die Steifen des Schiffes treppenartig behauene Granitstücken eingemauert sind. Die der Längenaxe parallel laufenden Seitenmauern, welche in der Mitte beider Treppen unten 6,75 Met., sonst 4,08 Met. stark sind, sind aus flach in Kalkmörtel gelegten Mauersteinen aufgeführt und zeigen vier mit Granitsteinen belegte Absätze. An der Hinterseite des Docks ist das Sohlengewölbe sphärisch abgeschlossen und ebenfalls eine Treppe angebracht. Der Fall des Bodens beträgt 1 : 200. Der 1,65 Met. starke granitene Schleusenboden ist im mittleren Drittel nach 24,2 Met. Radius und daneben tangential dazu mit 1,1 Met. Steigung geformt,

besitzt an der Außenseite des Hinterbodens einen Falz für die eichenen, unter einem Winkel von 136° zusammentreffenden Schlagschwellen der hölzernen Flügelthore und ist nach demselben Prinzip wie der Dockboden ausgeführt. Die Seitenmauern sind unten 3,14 bis 5,5, oben 2,2 Met. stark und haben am vorderen Ende zur Anbringung eines Lehmdammes bei Reparaturen einen Falz. Der zur Entleerung dienende Canal hat 1 Quadratmet. Querschnitt und führt mit geringem Fall nach einem elliptischen Pumpbrunnen von 8,8 Qu.-Met. Flächeninhalt, dessen Mitte 31,4 Met. von der Mittellinie des Docks entfernt und dessen Boden 1 Met. tiefer liegt. Zum Füllen dient ein ähnlicher Canal.

Wiedenfeld, über Baranowsky's Haltesignale. — Bei dieser hier durch Holzschnitte näher erläuterten Einrichtung ist kein Gegengewicht erforderlich, dem Drahtzuge freies Spiel für die Ausdehnung gegeben, und eine Laterne angewendet, welche keiner Rolle mit Schnur oder Kette bedarf.

(Schluß folgt.)

Notizen.

Gust. Schmidt, über die Atomwärme. — Nach einem uns gütigst zugesandten Sonderabdruck aus dem LII. Bande der Sitzungsberichte der Kais. Akademie der Wissenschaften in Wien hat Herr Prof. Schmidt in Prag neuerdings nachgewiesen, daß die von ihm dem Dulong-Petit'schen Gesetze gegebene Form der Wahrheit ziemlich nahe kommt. Bezeichnet man mit q das Gewicht eines Aequivalents oder Moleculs einer in fester oder gasförmiger Form untersuchten chemischen Verbindung, mit c die Wärmecapacität oder specifische Wärme derselben bei constantem Druck, mit a einen erfahrungsmäßig zu bestimmenden numerischen Coefficienten, welcher für feste und für gasförmige Verbindungen einen etwas verschiedenen Werth haben wird, und mit n die Charakteristik der Verbindung oder die Summe der Charakteristiken der darin erscheinenden Atome, so ist die Form, in welcher Herr Prof. Schmidt das Dulong-Petit'sche Gesetz dargestellt hat: $w = qc = an$ und zwar erhielt er ursprünglich unter der Annahme, daß die Charakteristik für Kohlenstoff und Wasserstoff im gasförmigen Zustande 2, für Thonerde, Bor, Baryt, Kalkerde, Cobalt, Chrom, Kupfer, Eisen, Quecksilber im festen Zustande 4, für Brom, Chlor, Fluor, Jod im festen Zustande 7, und für Silber, Arsen, Wismuth, Kali im festen Zustande 8 sei u. s. w., für a den für beide Zustände gültigen Coefficienten $a = 0,86$. Auf Grund des sehr reichen Materiales, welches hierüber Herr Prof. Kopp gesammelt hat, macht nun neuerdings Herr Prof. Schmidt für feste Verbindungen folgende Annahme:

$a = 0,8$

	Charakteristik n =
Kohlenstoff	2
Wasserstoff, Bor, Silicium	3
Sauerstoff, Phosphor	5
Fluor	6
Stickstoff, Schwefel	7
Chlor, Brom, Jod und die Metalle	8

und findet dann zwischen den nach dieser Formel berechneten und den beobachteten Atomwärmen nur einen durchschnittlichen Fehler von 5,05 %, bei Außerachtlassung der über 10 % betragenden Fehler einen durchschnittlichen Fehler von nur 3,96 %. Fast ebenso gut ist die Uebereinstimmung bei folgenden Annahmen:

$a = \frac{32}{30}$.

	Charakteristik n
Wasser- u. Kohlenstoff, Bor u. Silicium	2
Phosphor	3
Fluor und Sauerstoff	4
Stickstoff und Schwefel	5
Chlor, Brom, Jod und die Metalle	6.

Die Atomwärmen lassen sich hiernach wohl als Producte ganzer Zahlen mit einem bestimmten Coefficienten darstellen und die festen Stoffe, mit Ausnahme von Thonerde, Borerde, Kohlenstoff, Phosphor, Kieselerde und Schwefel, zeigen eine ziemliche Uebereinstimmung ihrer Atomwärme mit der in den Verbindungen auftretenden Atomwärme 6,4.

Für die gasförmigen Verbindungen kann angenommen werden:

$a = 0,86$.

	Charakteristik n
Wasserstoff (1)	2
Sauerstoff (16), Kohlenstoff (12), Stickstoff (14), Schwefel (32)	4
Brom (80), Chlor (35,5)	5
Phosphor (31), Kiesel (28)	6
Arsen (75), Zinn (118), Titan (50)	8

wobei der durchschnittliche Fehler resp. 5,93 und 2,87 % beträgt, je nachdem die über 10 % betragenden Fehler mitgerechnet werden oder nicht. Sauerstoff, Stickstoff und Chlor fügen sich der Regel, Wasserstoff jedoch nicht.

Weiter geht diese Abhandlung auf die von dem Herrn Verfasser aufgestellte empirische Regel $q(\mathfrak{C}' - \mathfrak{C}) = 2$ über, worin $\mathfrak{C}$ die rationelle Wärmecapacität und $\mathfrak{C}'$ die Wärmecapacität bei constantem Drucke bedeutet, und welche als erwiesen zu betrachten ist, wenn $q . AR = 2$, wo A das Wärmeäquivalent und R die bei der Temperaturerhöhung von gasförmigen Körpern um 1° mit der Ausdehnung der Gewichtseinheit verbundene äußere Arbeit bedeutet. Nun ist $R = \frac{pv}{T}$ und wenn man σ das Gewicht der Volumseinheit Gas, λ das Gewicht der Volumseinheit atmosphärische Luft bei gleicher Spannung und Temperatur und δ das specifische Gewicht des Gases nennt, $R = \frac{p}{\delta \lambda T} = \frac{C}{\delta}$, denn nach dem Gay-Lussac- und Mariotte'schen Gesetze ist $\frac{p}{\lambda T}$ für atmosphärische Luft = Constante $C = 29,277$. Nach der chemischen Volumtheorie ist aber das Atomvolumen für alle Gase gleich groß, also $\delta = mq$ und der Werth von m ergiebt sich aus der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft, wenn man nach den neuesten Daten den Sauerstoffgehalt zu 20,81 % ansetzt, zu $m = 0,0346832$. Es ist somit

$$R = \frac{844,12}{q}, \quad A = \frac{1}{k} = \frac{2}{qR} \quad \text{oder } k = 422,06,$$

was an Stelle des durch Joule zu 423,54 bestimmten mechanischen Wärmeäquivalentes treten würde.

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem zwölften Bande des

Civilingenieur.

№ 4.

Literatur.

Die Bewegungs-Mechanismen. Darstellung und Beschreibung eines Theiles der Maschinen-Modell-Sammlung der polytechnischen Schule in Carlsruhe. Von F. Redtenbacher, Großherzoglich Badischer Hofrath und Director an der polytechnischen Schule in Carlsruhe. Neue Auflage. Mit 80 lithographirten Tafeln. 3. und 4. Lieferung. Heidelberg. Verlagsbuchhandlung von Friedrich Bassermann.

In diesen Heften finden sich zahlreiche Beispiele für Kuppelungen, Aus- und Einrückungen, Wechseldrehungen und Abstellungen, zwei verschiedene Constructionen von Schwungkugelregulatoren, verschiedene Modelle zur Erläuterung der hauptsächlichsten Schiebersteuerungen, Modelle über Ruderräder mit beweglichen Schaufeln, ein Modell über die Balancirung der Locomotiven, ein anderes über die Bewegung der Wagen durch Curven, verschiedene Schützen für Turbinen, zwei Taschen- oder Coulissensteuerungen, Modelle über die Kurbelbewegungen, darunter ein vorzüglich interessantes Modell, welches die Curven der combinirten Kurbelbewegung verzeichnet, ein Zählwerk, zwei Modelle über die Anwendung der Frictionsrollen, ein instructives Modell zur Erklärung der Wirkung hin- und hergehender Massen, ein Dynamometer und eine Garnsortirwaage, Modelle über die verschiedenen Uhrenhemmungen, über conischen Pendelgang und über Stundenschlagwerke u. s. w. Obwohl die dargestellten Bewegungsmechanismen nur Modellen entnommen und zunächst nicht mit Rücksicht auf die praktische Anwendung im Maschinenbau construirt sind, so besitzt diese schöne Sammlung von Zeichnungen doch nicht blos einen hohen Werth für technische Anstalten, denen sie zur Ergänzung ihrer Modellsammlungen, sowie zu Vorlagen dienen kann, sondern sie ist auch den Constructeurs zum Studium zu empfehlen, da sie nicht nur Beispiele von geschickten Anwendungen der bekannten Mechanismen, sondern auch manche Ideen für neue Mechanismen bietet.

Die Werkzeugmaschinen der Maschinenfabriken zur Metall- und Holzbearbeitung von J. Hart, Professor des Maschinenbaues an der Großh. polytechnischen Schule in Carlsruhe. Mit 60 lithographirten Tafeln. 1. und 2. Lieferung. Mannheim. Verlagsbuchhandlung von Friedrich Bassermann. 1866.

Das hier zur Hälfte vorliegende Werk ist unseres Wissens das erste, welches die wichtigsten Werkzeugmaschinen zur Metall- und Holzbearbeitung in geordneter Reihenfolge und mit genügender Vollständigkeit darstellt. Es beschreibt übrigens nicht blos die in großen Maschinenfabriken angewendeten Werkzeugsmaschinen, sondern theilt auch solche Maschinen mit, welche für kleinere Werke geeignet sind. Was die Auswahl anlangt, so ist kein System des Werkzeug-Maschinenbaues bevorzugt, es finden sich vielmehr neben den neuerdings immer allgemeiner werdenden, etwas schwergebauten, aber soliden englischen Gestellen von Hohlguß, auch solche mit durchbrochenen T- und Iförmigen Profilen u. s. w. Der Text enthält außer einer klaren und deutlichen Beschreibung auch Angaben über Umdrehungszahlen, Geschwindigkeiten, Zähnezahlen, Theilkreisdurchmesser, Hauptdimensionen, Preise u. s. w., vielleicht folgen in den noch fehlenden Heften auch Angaben über die erforderliche Betriebskraft u. s. w. In den vorliegenden beiden Heften sind auf 6 Tafeln verschiedene Fuß- und Maschinen-Drehbänke, auf 7 Tafeln Scheiben- und Räderdrehbänke von verschiedener Größe, auf 4 Tafeln verschiedene Vertical-Bohrmaschinen, auf 8 Tafeln Wand-, Radial- und Langloch-Bohrmaschinen, horizontale Bohrmaschinen, Bohr- und Fraismaschinen, auf 3 Tafeln horizontale und verticale Cylinderbohrmaschinen, endlich auf 2 Tafeln eine kleine Handhobel- und eine kleine Feilmaschine abgebildet und es lassen diese Tafeln, in welche die Hauptmaaße in Millimetern eingeschrieben sind, bezüglich der Accuratesse der Arbeit und Ausführlichkeit der Darstellung Nichts zu wünschen übrig, wenn auch bisweilen ein etwas größerer Maaßstab vortheilhafter sein würde.

Fortificatorische Eisen-Constructionen. Casematten-Panzer. Kuppel- und Cylinder-Geschützstände. Eiserne Thürme. Fahrende Panzer-Batterien. Eiserne Graben-Caponieren und Blockhäuser. Hindernißmittel von Eisen. Provisorische Eisenbahnen. Von O. Giese, Hauptmann im Königl. Preuß. Ingenieur-Corps und Compagnie-Commandeur. Hierzu ein Atlas von 52 Tafeln mit 650 Figuren. Leipzig, Verlag von Arthur Felix. 1866.

In einer Zeit, wo Industrie und Gewerbe bereits schwer unter den allgemeinen Kriegsvorbereitungen leiden, tritt auch dem Civilingenieur die Frage nahe, mit welchen Hilfsmitteln Deckung gegen die so sehr verbesserten gezogenen Geschütze geschaffen werden könne, und es darf daher das vorliegende, ganz zur rechten Zeit erschienene Werk auch in solchen Kreisen, welche eigentlich nur den Künsten des Friedens dienen, auf Beachtung rechnen, zumal es die in vielen Broschüren und Journalen zerstreute Literatur über eiserne Fortificationen

übersichtlich geordnet vorführt und also die Belehrung über den fraglichen Gegenstand ungemein erleichtert. Neben den eigentlichen fortificatorischen Eisen-Constructionen sind auch die leichteren, beweglichen Constructionen der Zugbrücken, eisernen Thore, provisorischen Eisenbahnen u. s. w. für den Civilingenieur interessant, auch enthält der Abschnitt über die Eisenverbindungen u. s. w. Vieles, was von ganz allgemeiner Anwendbarkeit ist.

Skizzenbuch für den Ingenieur und Maschinenbauer. Eine Sammlung ausgeführter Maschinen, Fabrik-Anlagen, Feuerungen, eiserner Bau-Constructionen, sowie anderer Gegenstände aus dem gesammten Gebiete des Ingenieurwesens. Bearbeitet und herausgegeben von F. K. H. Wiebe, Professor und ordentlicher Lehrer der Maschinenkunde am Königl. Gewerbe-Institut und an der Königl. Bau-Akademie in Berlin, Ingenieur und Mühlenbaumeister. Heft 42 und 43.

Heft 42, mit welchem der Jahrgang 1865 des Skizzenbuches schließt, enthält 3 Tafeln über den Malzquetsch- und Maischapparat, die Centrifugalpumpe für die Würze nebst Absperrventil und den Ventilator mit Absperrventil für den Kühlraum der Miller'schen Bierbrauerei in Petersburg, deren Anlagszeichnung schon das 41. Heft brachte, ferner die Zeichnung einer direct wirkenden Gebläsemaschine aus dem Borsig'schen Etablissement in Moabit, einer doppeltwirkenden Pumpe mit Kautschukklappen, einer sogenannten californischen Pumpe und eines Giffard'schen Injectors.

Heft 43 oder Heft 1 des Jahrganges 1866 enthält 6 Blatt Zeichnungen zu einer Gebläsemaschine, welche direct durch eine Dampfmaschine nach Woolf'schem System betrieben wird. Dieselbe scheint noch nicht ausgeführt zu sein.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift für Bauwesen. Jahrgang XV, 1865, Heft 7 bis 12. (Schluß.)

Hagen, über Wasserstandsgläser und Probirhähne. — Erstere umhüllt man bei Locomotiven zweckmäßig mit einem Gitter aus verticalen Stäben von Splintdraht, das mittelst eines lyraartig gebogenen federnden Ringes ohne Mühe aufgesteckt und wieder abgenommen werden kann. Statt der Probirhähne haben sich Ventile von 13 Mill. Durchmesser bewährt, welche der Dampf selbst andrückt, und die mittelst eines Gabelhebels mit hölzernem Griff geöffnet werden können.

Pleßner, über Steinbohr- und Spaltmaschinen. — Von den jetzt versuchten Steinbohrmaschinen verspricht sich der Herr Vortragende für gewöhnliche Sprengarbeiten wegen der Schwierigkeit der festen Aufstellung und der zu raschen Abnutzung der Maschinen wenig Erfolg. Am Mont Cenis verbraucht sich nämlich eine Maschine, während sie etwa 900 Löcher à 0,75 bis 0,78 Meter Tiefe herstellt, gänzlich. Auch Laudet's Steinspaltmaschine, welche in einem Steinbruche bei Paris arbeitet, eignet sich nicht zum Betrieb von Felseinschnitten.

Der Ausstellungspalast für die Pariser Ausstellung im J. 1867. — Skizze dieses, eine Fläche von 146588 Quadrat-Meter bedeckenden, in der Hauptsache aus Glas und Eisen construirten, im Mittel einen Garten umschließenden Gebäudes von elliptischer Form, welches aus mehreren concentrischen Ringen besteht und daher ein solches Arrangement gestattet, daß alle Gegenstände derselben Art in einem Ringe nebeneinander, die Ausstellungen der einzelnen Nationen aber in radialer Richtung aufgestellt werden können.

am Ende, Fundirung der Bauten bei den Werder'schen Mühlen in Berlin. — Bei Untersuchung des dortigen viel alte Pfähle und Fundamente enthaltenden Baugrundes fand man unter einer 3,14 Meter mächtigen Schicht aufgeschütteten Bodens, 2,5 Met. Torf, 1,57 Met. Schlick mit 0,6 Met. starken Sandadern, 1,25 Met. Sand und zuunterst guten Kies, und da das Stoßen von Pfahlrost für die in der Nähe stehenden Gebäude bedenklich erschien, so wurden zunächst 1,88 Met. weite Brunnen 8,8 Met. tief hinabgesenkt, dann, als die in den Torfschichten liegenden Hölzer sich sehr hinderlich zeigten, Kasten versucht, und als diese schief wurden, kastenförmige Brunnen angewendet. Diese cylindrischen, aber mit einem Brunnenkranz versehenen Kasten hatten 1,4 bis 1,57 Met. Durchmesser und mußten bis zu 14 Met. Tiefe gesenkt werden, worauf sie mit Beton oder auch nur mit Kalksteinen ausgestampft wurden. Im Mühlgraben wurden mittelst einer Dampfmaschine Pfähle gestoßen, was billiger als das Rammen per Hand zu stehen kam. Die Einrichtung der Dampframme bestand einfach darin, daß an der Kolbenstange der horizontalliegenden Dampfmaschine eine Rolle befestigt und über diese das Rammseil gelegt war, während dieses Seil mit dem einen Ende am Pfahlkopfe befestigt, mit dem andern oben über die Rolle des Rammgerüstes gelegt und am Bär befestigt war. Zum Auspumpen der Baugrube diente eine Centrifugalpumpe, welche pro Minute 1000 Liter Wasser lieferte und für 1 Tag und 1 Nacht incl. Kohlen und Bedienung 15⅔ Thaler kostete.

Schwabe, über die Anlage secundärer Eisenbahnen in Preußen. — Für solche Bahnen soll das breitspurige System beibehalten, aber wegen geringerer Stärke und Geschwindigkeit der Züge sollen Steigungen bis zu 1:80 und mehr und Curvenradien bis zu 300 Meter und weniger gestattet sein. Derartige Bahnen wären nur eingeleisig und mit 4,07 Met. Planumsbreite auszuführen, auch wären unter günstigen Verhältnissen Chausseen hierzu zu benutzen. Die Schienen brauchten nur 30 Kilogr. schwer pro Meter genommen, Bahnhofsanlagen nur in Fachwerk ausgeführt zu werden, so daß bei einigermaaßen günstigen Terrainverhältnissen die Meile excl. Betriebsmittel nicht über 150000 Thaler zu stehen kommen würde. Auf solchen, allerdings schwerlich rentabeln Bahnen, würden nur gemischte Züge mit 3 bis 4 Meilen Geschwindigkeit pro Stunde laufen, wozu nur 1 Maschine und ein sehr einfacher Signaldienst erforderlich sein würde.

Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. Band IX, 1865, Heft 10 bis 12.

am Ende, die Eisenbahn über den Mont Cenis. — Die hier gegebene Beschreibung bietet nicht mehr, als der

von uns im 11. Bande des Civilingenieur abgedruckte Bericht des Capitain Tyler; es ist jedoch zu erwähnen, daß demselben eine Skizze der Fell'schen Locomotiven beigegeben ist.

Kayser, über die Ursachen der Dampfkesselexplosionen. — In einem in der letzten Hauptversammlung des Vereines über dieses Thema gehaltenen Vortrage bemerkt der Verfasser zunächst, daß er schon im J. 1837 durch einen Versuch mit einem gläsernen Dampfkessel auf die muthmaaßliche Ursache der meisten Explosionen geführt worden sei, indem er beobachtet habe, daß das nur wenig wallende Wasser in dem Augenblicke der Eröffnung des Sicherheitsventiles mit einem detonationsähnlichen Schlage in dem Dome dieses Kessels in die Höhe geschleudert worden sei, und daß ihn dann eine Menge gesammelter Nachrichten über Explosionen, welche mit dem Moment des Anlassens der Maschine oder des Anhaltens derselben zusammenfielen, in seiner Ansicht bestärkt hätte. Hierauf widerlegt der Herr Vortragende die sonstigen Erklärungsversuche, die auf die Annahme einer plötzlich eintretenden hohen Dampfspannung hinauslaufen. Die Knallgasbildung ist unter gewöhnlichen Verhältnissen kaum denklich, da sich die beiden Gase doch nicht selbstständig an verschiedenen Punkten des Kessels ansammeln und erst dann plötzlich vereinigen können, wenn genug davon vorhanden ist, um eine gefährliche Explosion zu bewirken. Jacquemet's Hypothese, wonach sich das Wasser bei Eröffnung eines Ventiles schäumend erheben und die Austrittsöffnung verstopfen, dadurch aber eine so hohe Spannung herbeiführen soll, daß der Kessel zerreißt, widerlegt sich eigentlich schon dadurch, daß eine Verstopfung der Austrittsöffnung ja nur die Rückkehr in den vorigen Zustand und also gar kein Grund vorhanden wäre, warum die erforderliche ungeheuer rasche Steigerung der Spannung eintreten sollte. Die Herbeiziehung des Leidenfrost'schen Phänomens sei unklar. Die Hypothese, daß bei starkem Kesselsteinansatz die Bleche unter demselben glühend und beim Abspringen dieser Kruste zur Bildung von Knallgas oder sehr großen Dampfmassen Ursache würden, kann deshalb für nicht stichhaltig erklärt werden, weil das Eisen eine viel zu geringe Wärmecapacität besitzt, als daß die plötzlich blosgelegte Fläche solche Folgen haben könnte. Bei einem näher beschriebenen Vorfall in London zeigt der Verfasser aus der Art des Zerreißens weiter, daß eine zu hohe Spannung der Dämpfe keineswegs Ursache gewesen sein könne; dieser Kessel (ein Cornwaller) wurde nämlich so zerrissen, daß der äußere Mantel nach der einen, das Feuerrohr nach der andern Seite fortgeschleudert wurde, während er doch der Länge nach hätte aufreißen müssen, wenn er nach seiner schwächsten Stelle getrennt worden wäre. Den Schluß des Vortrages bringt der 9. Band der Zeitschrift nicht, dagegen wird ein Versuch mitgetheilt, welchen die Herren Hofmann, Minssen und Illner in Breslau in neuester Zeit mit einem 131 Millim. weiten, 262 Mill. langen, auf 8 Atmosphären probirten gläsernen Kessel angestellt haben, und bei welchem Folgendes beobachtet wurde. Als die Spannung auf 5,4 Pfd. pro Quadratcentimeter gestiegen war, wurde das Sicherheitsventil plötzlich geöffnet und in demselben Augenblicke zersprang auch der kleine Glaskessel.

Dinse, über die Verwendung des überhitzten Dampfes bei Dampfmaschinen. — Was die Eigenschaften des überhitzten Dampfes betrifft, so nimmt man an, daß sich derselbe wie ein permanentes Gas verhalte, wenn auch die wenigen Versuche über das Ausdehnungsgesetz dieser Dämpfe hiervon abweichende Resultate ergeben haben; er hat ferner eine höhere Temperatur und Spannung als gesättigter Dampf von gleichem Volumen (der Gewichtseinheit), oder höhere Temperatur und größeres Volumen bei gleicher Spannung, oder größeres Volumen und geringere Spannung bei gleicher Temperatur. Man kann also durch Ueberhitzung mit einer geringeren Wärmemenge das Volumen des gesättigten Dampfes so vergrößern, daß man dieselbe Leistung erzielt, als wenn man mehr gesättigten Dampf angewendet hätte, und der Nutzen der Anwendung von überhitzten Dämpfen wird um so größer, wenn man zur Ueberhitzung verlorengehende Wärme verwenden kann. Nach Prof. Fink läßt sich das Volumen des gesättigten Wässerdampfes durch 25 % von der zur Entwickelung dieses Dampfvolumens erforderlichen Wärmemenge verdoppeln und die Vergrößerung des Dampfvolumens ist um so beträchtlicher, weil jedes im Kessel aufsteigende Dampfbläschen etwas Wasser mit fortreißt. Letzterer Uebelstand, sowie die starke Abkühlung, welche der arbeitende Dampf im Innern der Cylinder dadurch erfährt, daß die entgegengesetzte Seite des Cylinders mit dem Condensator oder der Atmosphäre in Verbindung steht, verursacht in den Cylindern eine Anhäufung von Wasser, welches leicht Stöße verursacht, wenn es nicht in passenden Pausen abgelassen wird. Ueberhitzte Dämpfe werden natürlich auch sehr stark abgekühlt, doch kann ihre Condensation ganz vermieden werden. Nach Ryder brauchen dieselben im Condensator der Dampfmaschine nicht soviel Einspritzwasser, als gesättigter Dampf.

Die Verwendung solcher Dämpfe zum Betrieb der Dampfmaschinen datirt erst von der Mitte dieses Jahrhunderts, fand aber noch viele Gegner, weil die Schmierung der Cylinder und die Verpackung der Stopfbüchsen sehr darunter litt. Diesem Uebelstande half der Amerikaner Wethered dadurch ab, daß er ein Gemisch von überhitztem und gesättigtem Dampfe verwendete, und dieser gemischte Dampf zeigte sich sehr vortheilhaft, indem u. A. bei Versuchen, welche der Oberingenieur der Vereinigten Staaten-Marine, Martin, angestellt hat, gesättigter Dampf von 109° C. 790, überhitzter Dampf von 178° 1302 und gemischter Dampf von 148° 1625 Arbeitseinheiten auf 1 Pfd. Kohle gab. Bei anderen Versuchen in Amerika betrug der Gewinn bei Anwendung gemischter Dämpfe 44 % gegen überhitzten Dampf allein. Wethered stellte im J. 1856 in Paris eine Maschine aus, welche mit gemischtem Dampfe arbeitete und bei einem Versuche mit derselben Kohlenmenge $^{55}/_{40}$ soviel Umdrehungen machte, als bei gesättigtem Dampfe, dabei aber pro Liter verdampftes Wasser doppelt soviel Arbeitseinheiten lieferte. (Schluß folgt.)

Lohse, hölzernes Mühlgerüst. — Dasselbe soll einige Holzersparniß und mehr Uebersichtlichkeit gewähren, als die jetzigen Mühlgerüstconstructionen. Es besteht für 4 Gänge aus vier auf einem Schwellwerk stehenden Ständern, welche oben in zwei durchgehende Unterzüge zur Balkenlage des Mühlengebäudes eingezapft und in ihrer halben Höhe durch vier Riegel unter sich verbunden sind. In den Ecken des durch diese Riegel gebildeten Quadrates liegen die eisernen Tragbalken für die Spurlager der Mühleisen, welche in der Mitte eine ausgedrehte cylindrische Nabe zeigen, in welcher der Spurkasten mittelst einer verticalen Stahlschraube auf- und niedergeschoben werden kann.

Härtemethode für Werkzeuge. — Nachdem die

Werkzeuge in einem Ofen mit Cokesfeuerung gehörig erhitzt sind, werden sie mit einer Masse aus 50 Th. Borax, 25 Th. Salmiak, 10 Th. Cyankalium und 6 Th. Harz, welche Substanzen fein gepulvert und dann auf einem Teller eingeschmolzen werden müssen, bestreut, auf kurze Zeit wieder in den Ofen gebracht und rasch bis zum Erkalten in Wasser getaucht.

Krauß, Drehscheibenlocomobile. — An derselben ist besonders der Dampfkessel beachtenswerth, welcher aus einem auf einem gußeisernen, mit Chamottesteinen ausgefütterten gußeisernen Ofenkasten stehenden verticalen Röhrenkessel und darüber angebrachtem eisernen Schornsteine besteht und bei 0,48 Meter Durchmesser und 1,2 Meter Höhe 4,32 Qu.-Meter Heizfläche besitzt, wovon 1,17 Qu.-Meter im Dampfraume liegen. Die Dampfmaschine hat 7,8 Cent. Kolbendurchmesser und 15 Cent. Hub, ist direct am Kessel befestigt und macht pro Min. 320 Umdrehungen. Diese Locomobile, welche 2100 Francs kostet und incl. Verzinsung und Amortisation jährlich 1657 Francs Betriebsaufwand verursacht, ersetzt 4 Arbeiter, welche 4380 Francs Lohn erhielten.

Stentz, Maschinen für die Formerei. — Auszug aus einer sehr interessanten Abhandlung in der Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Bd. XII, 1864.

Quasig, telegraphischer Schnellschreibapparat. — Der Herr Verfasser reclamirt die Grundidee zu dem Schnellschreibapparat von Siemens und Halske für sich. Sie besteht darin, daß durch zweckmäßige Vorrichtungen eine Reihe von Punkten, welche ein Elektromagnet mit der größten Schnelligkeit niederzuschreiben vermag, beliebig in Striche und Pausen verwandelt und auf diese Weise die Morseschrift hergestellt wird.

Burmester, Mittel gegen das Zerspringen der Glascylinder. — Die Glascylinder der Petroleumlampen werden gegen das so häufig vorkommende Zerspringen derselben am besten dadurch gesichert, daß man sie mit einer Sprengkohle der Länge nach aufsprengt.

Thompson, über den Wirkungsgrad der Kesselfeuerungen. — Hindernisse zu einer vollkommenen Verbrennung der Steinkohle sind 1. der Umstand, daß der leichter verbrennliche Wasserstoff der Kohle den Sauerstoff an sich zu ziehen und dem Kohlenstoff zu entziehen sucht, während der dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft in weit überwiegender Menge beigegebene Stickstoff die Verbrennungswärme sehr herabdrückt, 2. die Neigung der rothglühenden Kohle zur Reduction von Kohlensäure zu Kohlenoxyd, wobei viel Wärme absorbirt wird. Außerdem hängt der Wirkungsgrad der Feuerungen sehr wesentlich von der Wärmeleitung ab, indem z. B. Thompson gefunden hat, daß ein 25 Mill. starker Kessel rein 50 Pfd., dagegen mit einer 25 Mill. starken Kruste von Kesselstein bedeckt blos 1 Pfd. Wasser pro Minute zu verdampfen im Stande war. Die Zusammensetzung der Gase zeigt bei guter Feuerung ca. 8 % Kohlensäure, 9 % Sauerstoff und 8 % Kohlenoxyd, wonach von den 21 Vol. Proc. Sauerstoff der atmosphärischen Luft 9 unverbraucht und 4 als Kohlenoxyd entweichen. Thompson schätzt den Verlust durch Kohlenoxyd auf 42, denjenigen durch Strahlung und unvollkommene Leitung auf $11^2/_3$ % der von der Kohle gelieferten Wärme. Er empfiehlt den Rost nicht über 10 und nicht unter 5 Centimeter hoch zu beschicken, damit weder die Zersetzung der Kohlensäure in Kohlenoxyd, noch die Abkühlung des Rostes durch zuviel Luft möglich sei; ferner läßt er durch eine 0,1 Meter weite gußeiserne, unter dem Kessel hingeführte und über der Feuerbrücke in einem Querstück mit 13 Mill. weiten Löchern endende Röhre heiße Luft zuströmen, um das Kohlenoxydgas zu verbrennen.

Zeitschrift des Architekten- u. Ingenieur-Vereines für das Königreich Hannover. Band IX, 1865, Heft 4.

Berg, die Entwässerung des Blocklandes im Gebiete der freien Hansestadt Bremen. — Ueber diese große Entwässerungsanlage ist im laufenden Bande des Civilingenieur bereits referirt worden.

Treuding, die Bewässerung der Ländereien. — Fluß- und Bachwasser besitzt meistentheils eine zu Bewässerungsanlagen günstige Beschaffenheit. Nach Fries's Lehrbuch des Wiesenbaues sollen Zuleitungsgräben von weniger als 0,425 Quadratmeter $^1/_{666}$ bis $^1/_{1000}$, solche von 0,425 bis 0,85 Qu.-Met. $^1/_{1000}$ bis $^1/_{1333}$, solche von 0,85 bis 1,25 Qu.-Met. Querschnitt $^1/_{2000}$, Gräben von 1,25 bis 1,7 Qu.-Met. $^1/_{2222}$ und solche von mehr als 1,7 Qu.-Met. Querschnitt $^1/_{3333}$ Gefälle erhalten. Haben die zu bewässernden Grundstücken kein bedeutendes Gefälle, so werden sie überstaut, besonders bei lockerem, schwammigem und durchlassendem Boden. Die Flächen, welche mindestens 3 Cent. hoch bedeckt sein müssen, werden dazu quartierweise durch Dämme eingeschlossen und mit einem Hauptentwässerungsgraben durchschnitten. Das im Spätherbst und Frühjahr eingelassene Wasser setzt seine Sinkstoffe ab und düngt, erhöht auch zugleich die Flächen, wenn das Wasser sehr reich an Sinkstoffen ist (5 bis 10 Volumen-Procente). Läßt man das Wasser nicht in Ruhe stehen, so entsteht die sogenannte Stauberieselung oder natürliche Bewässerung, welche insofern günstiger ist, als die Pflanzen dabei weniger dem Zutritt der Luft entzogen sind. Bei vorhandenem größerem Gefälle wendet man die Ueberrieselung an, welche bessere Futterkräuter liefert und leichter regulirt werden kann, aber kostspieligere Anlagen voraussetzt. Hat die Erdfläche nach einer Seite hin $^1/_{30}$ bis $^1/_{50}$ Gefälle, so kommt der natürliche, bei geringerem Gefälle künstlichere Hangbau zur Anwendung, wo der Zuleitungsgraben auf der höchsten Stelle, der Entwässerungsgraben durch die tiefsten Stellen der Wiese hingeführt wird. Parallel zum obersten Graben zieht man in Abständen von 5 bis $7^1/_2$ Met. mehrere Ueberrieselungsrinnen, welche durch Gräben unter sich verbunden sind und eine allmälig nach unten fortschreitende Ueberrieselung gestatten. Findet nach beiden Seiten Abhang statt, so wird Rückenbau angewendet, bei welchem der Bewässerungsgraben das Terrain mehr in der Mitte durchschneidet und die Vertheilung des Wassers nach beiden Seiten hin stattfindet. Daneben zieht man Vertheilungsgräben und senkrecht zu diesen richtet man 10 bis 11 Meter breite, ca. 25 Meter lange Berieselungsflächen mit ca. $^1/_{20}$ Fall vor. Was den Wasserbedarf anlangt, so ist nach Wehner bei

$\frac{1}{14,4}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{20,6}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{28,8}$	$\frac{1}{36}$	$\frac{1}{48}$	$\frac{1}{72}$	Gefälle
0,2018	0,1817	0,1615	0,1413	0,1211	0,1009	0,0807	0,0605	0,0404	Cubikmet. Wasser pro Secunde und Hektare,

nach Hasser					
für Beete von	7,5	11,3	15,0	18,8	22,6
oder Hänge von	3,8	5,6	7,5	9,4	11,3
pro Hektare	0,1211	0,0807	0,0605	0,0509	0,0404
		26,4	30 Met.		
		13,2	15,0 „		
		0,0351	0,0303 Cubikmet.		

Wasser pro Secunde erforderlich. Natürlicher Hangbau kostet etwa $15^2/_3$ bis 47 Thlr., natürlicher Rückenbau $23^1/_2$ bis 55 Thlr., eigentlicher Kunstwiesenbau $117^1/_2$ bis 274 Thlr. pro Hektare.

v. Kaven, der eiserne Oberbau der Ilmenaubrücke bei Bienenbüttel in der Harburg-Lehrter Eisenbahn. — Bei der genannten Brücke, welche den Fluß unter einem Winkel von 65° und mit 4 Oeffnungen von 16,6 Meter Lichtweite in der Bahnaxe überschreitet, wurde im Jahre 1859 das ursprünglich nicht ausgebaute zweite Gleis mit einem eisernen Oberbau versehen, wozu man eine Fachwerksconstruction wählte, weil dieselbe sich mit mehr Sicherheit berechnen läßt, als eine Gitterbrücke, besonders wenn die Verbindung der Stäbe mit den Gurtungen durch Charniere erfolgt. Letzteres ist indessen hier nicht der Fall, auch sind die Stäbe nicht unter demjenigen Winkel gelegt, welcher der Rechnung nach der zweckmäßigste sein würde, sondern man hat hierbei aus praktischen Rücksichten Nietbolzen und Abstände der Knotenpunkte von 2,04 Met. gewählt. Die Brückenbahn liegt über den Trägern und ist aus hölzernen Langschwellen, hölzernen Querschwellen und vierzolligen Bohlen gebildet. Eine Berechnung der Brücke ist beigegeben und zeigt eine leidliche Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der Probebelastung. Das Gewicht dieser Brücke beträgt das Doppelte des theoretischen, nämlich 492 + 6,781 pro lauf. Fuß hannov., wobei die Constante 492 aus 139 Pfd. Schmiedeeisen, 344 Pfd. für das Gestänge und 9,3 Pfd. für gußeiserne Platten zusammengesetzt ist. Das erste auf einem Sprengwerk von Kiefernholz ruhende Gleis ist im vorigen Jahre auf Gitterträger gelegt worden, deren Abbildung und nähere Beschreibung ebenfalls mitgetheilt wird.

Schiefe Brücke über den Neetze-Canal in der Eisenbahn von Lüneburg nach Lauenburg. — Zur Umgehung einer schiefen Brücke mit schraubenförmiger Anordnung der Gewölbschichten ist hier ein auf beiden Seiten entsprechend verlängertes gerades Gewölbe angewendet worden.

Dauer der Barlow- und Brunel-Schienen. — Einfache Gleise nach dem Systeme Barlow's dauerten $6^7/_{12}$ Jahr, solche nach Brunel's System $7^1/_{12}$ Jahr, Doppelgeleise resp. 8 und 9 Jahre; zu bemerken ist aber, daß diese Schienen schon bei ihrer Fabrikation verdorben waren, da das Material derselben beim Walzen ungleichförmig gestreckt war.

Nördlinger, über Aufnahme mit dem Tacheometer. — Dieser bekannte französische Ingenieur empfiehlt für Eisenbahntracirungen angelegentlich die Anwendung der Terrainaufnahme mit Distanzmesser, da sie die Herstellung eines Höhenplanes ungemein erleichtert. Mit dem Tacheometer werden Höhen und Plan zugleich aufgenommen und die zur Aufnahme benutzte Basis dient auch zur Aussteckung der ermittelten Bahnaxe.

Sebille's Röhren aus Schiefer. — Sebille mahlt die Abfälle der Schieferbrüche und versetzt damit Steinkohlentheerpech, woraus eine sehr homogene Masse entsteht, die sich formen läßt und pro Cubikmeter 2200 bis 2500 Kilogr. wiegt. Röhren von 4,5 Cent. Durchmesser und 12 Mill. Wandstärke kosten pro Meter 1,4 Franc, solche von 16 Cent. Weite und 18 Mill. Stärke, welche 20 Atmosphären Druck aushalten, 7,8 Francs.

Theodolit. — Dieses Wort soll von einem Dr. Carolus Theodolus Marchio S. Viti herrühren, welchem im J. 1865 ein mathematisches Werk dedicirt ist.

Weißguß für Lager. — Die Londoner General Steam Navigation Company wendet für Lager und Gleitstücken eine Composition aus 8 Th. Zinn, 2 Th. Antimon und 1 Th. Kupfer an, welche bei geringer Hitze schmilzt und in die ausgelaufenen Lagerpfannen sofort ausgegossen werden kann, auch wenig Schmiere (am besten 1 Th. Oel und 2 Th. Wasser für schwere Wellen) verlangt.

Gasmaschinen. — In der Druckerei der „Börsenhalle" in Hamburg arbeitet eine Lenoir'sche Gasmaschine zum Betrieb zweier Schnellpressen mit sehr gutem Erfolg. Sie nimmt einen Raum von 1,75 Meter Länge und 0,88 Met. Breite ein, wird durch drei kleine in ihrem Fundament stehende Kohlenzinkelemente betrieben und leistet bei 100 Umgängen ca. $2^1/_2$ Pferdekräfte. Gasverbrauch pro Stunde 3,74 Cubikmeter, Wasserverbrauch 0,3 Cubikmeter Erwärmung des Wassers auf 70° R. Kosten für die Batterie und Schmierung bei 3 Stunden Arbeitszeit täglich $6^1/_3$ Gr.

Fundirung der Themsebrücken in London. — Von der alten langwierigen und kostspieligen Methode der Gründung mittelst versenkter hölzerner Kasten, welche bei der alten Westmünsterbrücke angewendet wurde, und der später bei der Waterloobrücke benutzten Gründung mit Hilfe von Fangdämmen ist in neuerer Zeit nicht mehr Gebrauch gemacht worden. Beim Bau der neuen Westminsterbrücke kamen schon gußeiserne Spundwände und Beton, bei der Charingcroßbrücke 4,27 Meter weite, durch Taucher ausgebaggerte gußeiserne Cylinder, bei späteren Eisenbahnbrücken 5,5 und 6,8 Met. weite gußeiserne Cylinder zur Verwendung. Die Blackfriarsbrücke wurde auf 6,1 Met. weiten schmiedeeisernen Röhren begründet und bei der neuen Blackfriarsbrücke sollen nebeneinander mehrere schmiedeeiserne Caissons versenkt werden, welche dann mit Beton ausgegossen werden. Bei den Quaimauern für das Thames-embankment versenkt Furneß ovale schmiedeeiserne Cylinder von 3,81 Met. Länge und 2,12 Met. Breite nebeneinander und füllt den Zwischenraum mittelst in Nuthen eingeschobener Bohlen aus; Ritson will 2,44 Met. weite Röhren in doppelten Reihen und ebensoweit von einander versenken, den Zwischenraum mit Beton ausschütten und oben darauf einen eisernen Kasten mit bis über das Wasser hinaufragenden Wänden befestigen, in welchem das Mauerwerk trocken aufgeführt werden kann, worauf dann die Wände wieder abgenommen werden sollen. Das Ausbaggern des Bodens in den Cylindern ist zuerst durch Taucher, später durch senkrechte Baggermaschinen und endlich mittelst des pneumatischen Systemes bewirkt worden.

Schmidt, über Kalt- und Warmwasserleitungen in Wohngebäuden. — Erstere werden durch Reservoirs auf dem Dachboden gespeist, Letztere sind nach dem System

der Warmwasserheizungen zu construiren, communiciren also unten mit einem Kessel im Keller, oben mit einem Vertheilungsgefäße unter dem Dache, doch braucht hier der Kessel nur 30 Liter Inhalt zu fassen und kann mit dem Kochherde so verbunden werden, daß er durch die abziehende Wärme geheizt wird. Derartige Anlagen hat Ingenieur Ehmann in mehreren Villen bei Stuttgart ausgeführt.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur= und Architekten=Vereins. XVII. Jahrgang, 1865. Heft 6—12.

Drehbrücke über die Penfeld bei Brest. — Diese Brücke sollte so eingerichtet sein, daß sie den Kriegsschiffen die Zufahrt zum Arsenale gestattet, und durfte daher die ca. 106 Meter breite Einfahrt nicht wesentlich verschmälern. Man stellte deshalb die Widerlager 174 Met. weit auseinander und dazwischen zwei cylindrische Pfeiler in 117 Met. Abstand, welche die Drehungsaxen der Brücke tragen. Jedes der beiden Brückenfelder, deren Drehungsaxen ungefähr im Drittel ihrer Länge liegen, indem das Widerlagerende 28,25, das freitragende Ende 58,525 Met. lang ist, besteht aus zwei durch Kreuze unter sich verbundenen Hauptträgern mit Tförmigen Gurtungen und gitterförmiger Füllung. Sie sind nach einem Radius von 50,588 Met. gekrümmt und werden im Scheitel durch einen 2,92 Met. langen Riegel verbunden, auf den Widerlagern aber mittelst einer schraubstockartigen Vorrichtung befestigt. Die drehscheibenartige Drehvorrichtung auf den 10,6 Met. starken Pfeilern besteht aus einer den untern Laufkranz tragenden Platte, einer oberen mit einem starken Blechcylinder verbundenen beweglichen Platte und den dazwischen befindlichen 0,6 Met. langen und im Mittel 0,5 Met. starken Laufrollen und wird durch 2 Mann bewegt, welche die Brücke in 15 Minuten ganz zu öffnen im Stande sind.

Hydraulische Lochmaschine von Tangye Brothers & Price in Birmingham. — Solche Lochmaschinen sind für kleinere Werkstätten bestimmt, wiegen nur 57 Pfd. und können von einem Knaben bedient werden, welcher damit in 20 Secunden ein 20 Millim. weites Loch in ein 13 Mill. starkes Eisenblech zu stoßen im Stande ist. Der stählerne Preßkolben mit der Lochstange trägt eine lederne Dichtungskappe und bewegt sich in einem mit Messing gefütterten schmiedeeisernen Cylinder, auf welchem oben der gußeiserne Wasserbehälter mit der Wasserpumpe aus Rothguß aufgeschraubt ist, während unten an denselben ein starker hakenförmiger Ansatz angeschmiedet ist, auf welchen das Blech zu liegen kommt. Die Firma J. & G. Winiwarter in Wien (Rienergasse Nr. 16) vermittelt derartige Lochmaschinen für einen Preis von 96 bis 193 Thaler, sowie die hydraulischen Hebewinden von Tangye, welche bei 0,6 bis 0,66 Met. Hubhöhe 80 bis 240 Ctr. zu heben im Stande sind und 50 bis 100 Thaler kosten.

Artmann, über die Ventilationsfrage. — Der Herr Verf. untersucht zunächst, wie weit die natürliche Ventilation genügen könne. Nach einer größeren Zahl von Beispielen rechnet man in Casernen pro Mann 12 bis 18, in Gefängnissen 20 bis 30, in Spitälern 31 bis 56,5 Cubikmeter Raum, was am besten durch hohe Räume zu erzielen ist. Nach Beobachtungen von Dr. Haller im Wiener allgemeinen Krankenhause betrug die Differenz zwischen der Zimmer= und äußeren Lufttemperatur in den J. 1855 bis 1857 in den Monaten Juli und August durchschnittlich 4,06° C.; man kann also sicher auf 2° Temperaturdifferenz rechnen, wenn man die Ventilation solcher Zimmer durch Oeffnungen am Boden und nahe unter der Decke der Räume bewirkt, bekommt aber dann bei 4,75 Meter Zimmerhöhe und 20 Menschen, wenn pro Stunde à Person 94,8 Cubikmeter frische Luft zugeführt werden sollen, einen Gesammtquerschnitt dieser Oeffnungen von 3,55 Qu.=Metern, was es erklärlich macht, warum so oft über mangelnde Ventilation geklagt wird. Bei Theatern, wo im Sommer die Temperaturdifferenz zu 5° C. angenommen werden kann, wäre dagegen die Herstellung einer natürlichen Ventilation leicht möglich. Was die künstliche Ventilation anlangt, so ist das Meißner'sche System blos in der Jahreszeit möglich, wo geheizt werden muß, gestattet eine beliebige Steigerung der Ventilation ohne gleichzeitige Steigerung der Heizung nicht, und müßte also dahin abgeändert werden, daß der Calorifère zu einer starken Variation der entwickelten Wärme ohne Verminderung des Nutzeffectes geeignet gemacht und dahin Vorrichtung getroffen würde, daß von der entwickelten Wärme ein beliebiger Theil in den Abzugscamin geschlagen werden könnte. Ist die Ventilationsvorrichtung von der Heizung getrennt, so hat man meist Centralheizungen angewendet, was aber nur bezüglich der Raumersparniß zweckmäßig ist, im Uebrigen aber stets theurer sein dürfte, als Einzelheizungen. Ist die Ventilationsluft der Träger der Wärme, so sollte die Heizfläche (damit kein übler Geruch entsteht) nie über 80° erhitzt, also ihre Ausdehnung zu 1 Qu.=Met. pro Pfd. Kohle und Stunde bemessen werden, es sollten die Luftzuführungscanäle kurz und nur unter dem Fußboden, die Austrittsöffnungen dagegen nie am Fußboden angebracht, endlich der Luft $^1/_{16}$ Wasser pro Pfd. Kohle beigemischt werden. Falsch ist es, die Luft aus Kellern und unterirdischen Canälen zu entnehmen und sie im obern Theile der Zimmer einzuführen, die möglichst directe Entnahme der frischen Luft und ihre Einführung am Boden entspricht mehr den Anforderungen einer guten Ventilation. Das Quantum der zuzuführenden frischen Luft kann für Spitäler zu 60 bis 100, für Gefängnisse und Schulen zu 30, für Casernen zu 20 und für Versammlungssäle mit Zuführung am Boden zu 15 Cubikmeter pro Kopf und pro Stunde angenommen werden. Was die mechanischen Ventilationsvorrichtungen betrifft, so hat die Erfahrung gezeigt, daß der oft am Pulsionssystem gerühmte Vorzug, daß die Luft nur durch den Ventilator zugeführt werde, sich wegen eintretender Rückströmungen in den Canälen nicht bewährt, auch dürften die mechanischen Ventilationssysteme bezüglich der Kosten der Unterhaltung gegen die Wärmeventilation keineswegs im Vortheil stehen, weil man bei derartigen Anlagen erfahrungsmäßig 20 Pfd. Steinkohle pro Stunde und Pferdekraft rechnen muß und überdies Unterhaltungskosten, Löhne für Maschinist und Heizer, Schmieraufwand u. s. w. sehr ansehnliche Posten sind; dagegen gewähren sie allerdings den Vorzug, eine Steigerung des Effectes mit geringeren Mehrkosten zu gestatten, als die Wärmeventilation, wogegen andrerseits die Einfachheit des letzteren Systemes eine größere Sicherheit des Betriebes garantirt. Somit glaubt der Herr Verfasser der Wärmeventilation den Vorzug vor der Ventilation durch Pulsion einräumen zu müssen, macht aber zugleich darauf aufmerksam, daß unsere Kenntniß vom Zuge der Camine durchaus ungenügend genannt werden muß. Für die Ventilation der Theater wird durch Rechnung die Anwendbarkeit der natürlichen Ventilation nachgewiesen.

Bender, Wagenaxenlager der k. k. priv. österr. Staatseisenbahn-Gesellschaft. — Bei der Wahl dieser Axlagerconstruction ging man von folgenden Principien aus: es sollte einfach, gut gegen Staub und Schmierverlust geschützt, aber zugleich leicht revidirbar sein, ein aus Weißmetall von mittlerer Schmelzbarkeit hergestelltes Lagerfutter erhalten, in der Mitte der Axschenkel belastet werden und eine periodische Schmierung mit Oel oder dickflüssiger Schmiere gestatten. Die Schmierung erfolgt von unten mittelst durch Federn angedrückter Polster, das vom Axschenkel zurückfließende Oel wird aber möglichst gereinigt, ehe es wieder an die Saugdochte gelangt und zur Dichtung des hinteren Lagertheiles dient eine getheilte, von oben eingeschobene und durch eine Feder angedrückte Holzscheibe, sowie ein Lederstreifen an der untern Seite.

Musy, über Watzka's Umsteuerung mit variabler Expansion. — Eine Schiebersteuerung, bei welcher mit Hilfe eines einzigen Excenters eine für den Vor- und Rückwärtsgang der Maschine vollkommen gleiche Schieberbewegung mit symmetrischem Oscilliren des Schiebers um seine Mittellage erzielt wird. Das Voreilen ist für alle Expansionsgrade constant, die Schieberbewegung nahezu unabhängig von der Länge der Excenterstange, der Füllungsgrad kann von 0 bis 0,7 variiren. Diese Steuerung hat im Wesentlichen folgende Einrichtung. Das auf die Kurbelaxe aufgesteckte Excenter ist um 180° gegen die Kurbel verwendet und bewegt sich in einer mit einem ovalen Schlitze versehenen Scheibe, welche von dem Ringe der Excenterstange umgeben ist. Der Ring wird auf der Axe gerade geführt, die Excenterstange aber ist am Ende an einer verticalen Stange aufgehangen, schwingt also in einem flachen Bogen um die Steuerwelle. Um die Expansion verändern und um umsteuern zu können, ist die Scheibe mittelst zweier Zugstangen verstellbar gemacht, in der Ruhestellung steht sie z. B. mit ihrem Schlitze vertical.

Husnik, über die Verbindung der Eisenbahnschienen. — Der Herr Verfasser empfiehlt die Anwendung 21- und 24füßiger Schienen aus Stahl statt der jetzigen 18füßigen eisernen Schienen und schlägt überdies eine steifere Verbindung der Enden vor. Es sollen nämlich in der Nähe des Schienenstoßes in 18 Zoll Abstand von einander zwei gewöhnliche Mittelschwellen gelegt, darauf aber eine 24" lange, 7½" breite gewalzte Stoßplatte befestigt werden, welche für den Schienenfuß ausgehobelt und durch 9" lange aufgenietete Backen verbunden ist; außerdem sollen aber die Schienenenden auch noch wie gewöhnlich mittelst Laschen verbunden werden.

Munyay's Wechselräder-Indicator für Egalisirbänke. — Beschreibung eines höchst bequemen Rechenschiebers zur Bestimmung der Zähnezahl der vier Wechselräder, welche man gewöhnlich bei Egalisirbänken zum Schneiden von Schrauben verschiedener Steigung anwendet. Derartige Instrumente sind von L. Munyay, Wien, Alsergrund, Ackergasse No. 4 für 4 bis 27 Räder zum Preise von 10 bis 34 Fl. zu beziehen.

Rößlin, die Oravicza-Steierdorfer Gebirgsbahn. — Beschreibung der in den J. 1861 bis 1863 erbauten, äußerst romantischen Gebirgsbahn um den Bergstock der Predetta nach dem Steierdorfer Kohlenrevier mit Karten und Profilen.

Pokorny, die hydraulische Stauweite. — Betrachtungen über die von verschiedenen Autoren aufgestellten Formeln und Ansichten über diesen Gegenstand, welcher allerdings wissenschaftlich noch nicht genügend untersucht worden ist, und Aufstellung verschiedener hierhergehöriger und in der Praxis oft vorkommender Fragen, welche noch ihrer Lösung harren.

Langer, über das Moldaubrücken-Project von Ordish-Lefeuvre. — Bei diesem Hängewerk sollen verschiedene gerade Ketten von den Thurmpfeilern nach verschiedenen Punkten der als Blechbalken construirten Brückenbahn gezogen werden, um Letztere zu tragen; es ist aber zum Tragen dieser geraden Kettenstränge noch eine in gewöhnlicher Weise aufgehangene Kette beigegeben, und somit zwar ein neues, aber sehr unlogisches Brückensystem geschaffen, welches den Balken im Sommer in Folge der Längenbehnung der Ketten nicht trägt, im Winter die nach der Mitte gehenden Stränge zu sehr anstrengt, und außerdem eine Menge nicht zu berechnender Anstrengungen erfährt, welche seine Dauer jedenfalls schwächen müssen.

Fontenay, über den Bau großer Tunnel. — Lange, tief unter der Spitze der durchschnittenen Berge hindurchgehende Tunnel können nach der gewöhnlichen Weise nicht von mehreren Punkten betrieben werden, weil die Schächte nicht gut über 300 Meter Tiefe bekommen können. Sie werden aber dann sehr aufhältlich und kostbar. Der 12220 Meter lange Mont Cenistunnel, welcher (im J. 1863) bei 11 Qu.-Meter Querschnitt nach jeder Schicht um 0,65 Meter durchschnittlich vorrückt, wobei 6,82 Bohrlöcher pro Quadratmeter und 10,49 Meter Bohrloch, 3,57 Kil. Pulver und 14,5 Meter Lunte pro Cubikmeter ausgehobene Masse erforderlich sind, wird nach diesem Fortschritt 18½ Jahre Zeit zur Vollendung brauchen und 91 Mill. Francs kosten. Fontenay schlägt daher die Anwendung geneigter Schächte mit Abzweigungen vor, um mehr Angriffspunkte zu gewinnen, und zeigt die Vortheile dieses Systems beispielsweise am fraglichen Tunnel. Derartige Schächte würden eine Neigung von 1 : 2, 2,2 Met. Höhe auf 2,4 Met. Weite, eine 0,8 Met. breite Fördereisenbahn in der Mitte und einen besonderen Wasserhaltungsapparat bekommen. Letzterer soll durch comprimirte Luft getrieben werden und das zugehende Wasser etagenweise von 40 zu 40 Meter heben; auch die Bohrmaschinen sollen mit comprimirter Luft getrieben werden und eine weniger Platz wegnehmende, leichtere und bequemer zu versetzende Construction erhalten, damit geringere Zeitverluste eintreten, sowie auch der Zeitersparniß wegen die Bohrlöcher nicht ausgetrocknet, sondern mit blechernen Patronen geladen werden sollen. Zeichnungen dieser Apparate sind in unsrer Quelle oder in den Mémoires de la Soc. des Ing. Civ., 1863, zu finden.

Ueber eiserne Oberbausysteme. — Beschreibung und Zeichnung der von der königl. Württembergischen Eisenbahndirection nach dem Rößlin- und Battig'schen Projecte, sowie der von der königl. hannoverschen Generaldirection und der von der herzogl. braunschweig-lüneburgischen Eisenbahn- und Post-Direction gelegten Versuchsbahnen mit eisernem Oberbau, über welche später weitere Mittheilungen in Aussicht gestellt werden.

Prokesch, Verwendung des Mineralöls zur Beleuchtung bei der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn. —

Genannte Bahn wendet seit 1851 in immer größerem Maaßstabe Mineralöle (besonders die aus galizischer Naphta gefertigten) zur Beleuchtung an und zwar im J. 1864 1074,12 Zoll-Ctr. zur Stations-, 98,89 Z.-Ctr. zur Wagenbeleuchtung, sodaß alle Rübölbeleuchtung aufgehört hat.

Schmidt, über rotirende Dampfmaschinen zur Wasserhebung. — Kritik einer im vorigen Jahre unter dem Titel: „les machines d'épuisement à rotation, comparées aux machines à simple effet, par V***. Liège et Leipzig" erschienenen Broschur, welche die Rotations- und besonders die Woolf'schen Maschinen mit untenliegendem Balancier den einfach wirkenden Wasserhaltungsmaschinen gegenüber außerordentlich empfiehlt. Gegen diese Ansichten ist anzuführen, daß die directwirkenden Schachtsätze mit hohem Hube und weniger Spielen viel besser arbeiten, als die von einem Schwungrade getriebenen Pumpen mit geringem Hube und vielen Spielen, weil weniger und minder heftige Stöße beim Ventilwechsel vorkommen, und daß die directwirkenden Maschinen mit Kataraktsteuerung sich der gewöhnlich mit variablen Wassermengen belästigten bergmännischen Wasserhaltung am besten anschließen.

Khern, Erfahrungen über die Fabrikation feuerfester Ziegel. — Zu solchen Ziegeln ist reiner Quarz mit nur soviel feuerfestem Thon als zur Bindung der Quarztheile erforderlich ist, anzuwenden. Ersterer ist vorher im Rumford'schen Kalkofen 10 bis 12 Stunden lang scharf zu brennen, in Wasser abzulöschen, in einer Siebsatzmaschine zu waschen, sorgfältig zu sortiren und dann unter Pochhämmern soweit zu zerkleinern, daß das Korn durch ein Sieb mit 865 Maschen pro Qu.-Decimeter geht. Der Thon wird gut getrocknet, gestampft und unter Rollsteinen gemahlen, bis er durch Siebe mit 86 Maschen pro Quadr.-Centimeter geht. Gebrauchte Ziegel werden von Schlacken gereinigt und wie Quarz gepocht. Zu Ziegeln erster Sorte nimmt man 14 bis 16 Th. Quarz auf 1 Th. Thonmehl; die Masse wird in Quantitäten von 0,5 Cubikmeter trocken gemengt, dann mit ca. 60 Liter Wasser allmälig durchgeknetet, bis sie sich gerade noch mit der Hand ballen läßt. Ein Mann fertigt in 12 Stunden 0,5 Cubikmeter Masse. Ziegel zweiter und dritter Sorte werden mittelst eines $4^1/_2$ Pfd. schweren Stößels in eisenblecherne Formen lagenweise eingestampft, Ziegel erster Sorte aber in gußeisernen Formen mittelst einer Schraubenpresse gepreßt und $^3/_4$ Stunden lang dem ca. 840 Pfd. starken Drucke pro Qu.-Centim. ausgesetzt, wobei 1 Mann in 12 Stunden (bei 3 Pressen) 45 bis 50 Stück Ziegel liefert. Die auf mit Sand bestreute Brettchen abgelegten Ziegel können nach 24 bis 30 Stunden auf die Kante gestellt und nach 4 bis 6 Tagen in den Ofen gebracht werden, wo sie so eingesetzt werden müssen, daß die Hitze gleichförmig vertheilt wird. Ein Ofen mit 2300 bis 2500 Ziegeln von $0{,}1 \times 0{,}05 \times 0{,}025$ Centimeter wird in 12 bis 14 Stunden beschickt und erreicht nach 65 bis 70 Stunden Weißgluth, worauf er abgestellt und nach Verlauf von 36 bis 48 Stunden ausgetragen wird. Auf 100 Stück Ziegel werden 80 bis 90 Pfd. Braunkohlenklein verbraucht.

Bender, Feuer zum Erwärmen der abzuziehenden Tyres. — Das hier dargestellte Schmiedefeuer ist in einen Schienenstrang eingeschaltet und erspart das Heben der Räder. Eine Winde dient als Drehscheibe, sodaß nacheinander beide Tyres erwärmt werden können.

Bender, Härten der Spurkranzhohlkehlen der Radreife der Locomotiven. — Um die schnelle Abnutzung der Radreife an den Vorderrädern der Lastzugmaschinen zu vermindern, werden dieselben in aufgezogenem und fertig gedrehtem Zustande mittelst des hier dargestellten Apparates bei mittlerer Rothglühhitze gehärtet, was ihnen die doppelte Dauer von nicht gehärteten Gußstahlbandagen verleiht.

v. Reichenbach, über calorische Maschinen. — Erweiterung der Redtenbacher'schen Theorie auf die geschlossenen calorischen Maschinen. Solche Maschinen erhalten nicht nur geringere Dimensionen, sondern bedürfen auch nur einer geringeren Betriebstemperatur; eine Maschine von 100 Pferdekraft und 50 Procent Nutzeffect würde z. B.

bei 122° Wärme der erhitzten Luft 0,52 Qu.-Met. Kolbenfläche
„ 150° „ „ „ „ 0,40 „ „

erhalten, wenn die Normalpressung im Kühlraum 10, diejenige im Heizapparat 20, resp. 23 Atmosphären und die Geschwindigkeit des Treibekolbens 2 Meter betrüge, doch würde der Kohlenverbrauch noch immer größer als bei Condensations-Dampfmaschinen ausfallen.

Ueber Sicherheitsmaaßregeln gegen Dampfkesselexplosionen. — Entwurf zu einem bezüglichen Gesetze. Die Kesselblechstärke in Millimetern soll

für einfache Vernietung $\delta = 4700 \cdot \frac{d\,n}{m}$

„ doppelte „ $\delta = 3700 \cdot \frac{d\,n}{m}$

betragen, wenn d den Durchmesser in Metern, n die Dampfspannung in Atmosphären und m die absolute Festigkeit des Materiales in Kilogrammen pro Quadratcentimeter bedeutet; für gute Kesselbleche aber soll $m = 3230$, für Gußstahlbleche $m = 5400$ genommen und zu der erhaltenen Stärke 3,3, resp. 2,2 Millimeter hinzugesetzt werden. Die Ventilfläche soll $^1/_{15000}$ bis $^1/_{10000}$ der ganzen Heizfläche betragen.

Meißner, über die Anwendung des Trasses. — Traß ist der Zusammensetzung nach fast identisch mit Santorinerde, wie nachstehende Analyse zeigt:

	Traß.	Santorinerde.
Kieselsäure	57,0	65,5
Thonerde	16,0	16,5
Eisen u. Mangan	5,0	3,1
Kalk	2,6	2,9
Bittererde	1,0	1,5
Kali	7,0	4,3
Natron	1,0	2,3
Wasser	9,6	3,0

Er wird vom Rhein bezogen und mit Fettkalk unter Sandzusatz zu Wassermörtel verarbeitet. Man bereitet ihn für Arbeiten unter Wasser 1 bis 2 Tage vor der Verwendung und läßt ihn im Schatten liegen, kann ihn aber auch frisch verwenden. Er kann in ungemahlenem Zustande ohne Nachtheil naß werden, braucht also keine Verpackung. In Oesterreich wird er an der Donau zwischen Pest und Gran gefunden.

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem zwölften Bande des

Civilingenieur.

№ 5.

Literatur.

Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie. Mit Anwendungen auf die der Wärmelehre angehörigen Theile der Maschinenlehre, insbesondere auf die Theorie der calorischen Maschinen und Dampfmaschinen. Von Dr. Gustav Zeuner, Professor der Mechanik und theoretischen Maschinenlehre am eidgenössischen Polytechnikum zu Zürich. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 57 in den Text eingedruckten Holzstichen und zahlreichen Tabellen. Zweite Hälfte. Leipzig. Verlag von Arthur Felix. 1866.

Wenn wir bereits bei der in der 1. Nummer dieses Bl. gegebenen Besprechung der ersten Hälfte des vorliegenden Werkes hervorheben mußten, daß diese neue Auflage von Zeuner's „Wärmetheorie" ein ganz neues Werk sei, so giebt uns die jetzt zu besprechende zweite Hälfte desselben hierzu noch mehr Veranlassung. Dieselbe enthält Untersuchungen über das Verhalten der gesättigten Dämpfe, Dampf- und Flüssigkeitsmischungen und überhitzten Dämpfe, eine neue Theorie der Dampfmaschinen, Untersuchungen über das Verhalten fester und flüssiger Körper zur Wärme und eine Anzahl wichtiger Tabellen. Unter der großen Zahl von geistreichen Untersuchungen, welche uns hier vorgeführt werden, müssen wir jedenfalls die hier aufgestellte Theorie der Dampfmaschinen als den interessantesten Abschnitt bezeichnen, da unsers Wissens diese Art von Umtriebsmaschinen noch nirgends in ähnlicher Weise behandelt worden ist. Durch Berechnung der disponibeln Arbeit und der Effectverluste wird nämlich der wahre Wirkungsgrad der Dampfmaschine bestimmt, was zur Ehrenrettung dieses Motors beiträgt und Fingerzeige zur Verbesserung desselben liefert; dann wird gezeigt, wie ausgeführte Dampfmaschinen zu beurtheilen und neue Dampfmaschinen zu berechnen sind, und endlich leitet der Herr Verfasser durch Einführung gewisser Näherungswerthe aus seiner Formel auch noch die älteren Formeln von de Pambour und Poncelet ab, wodurch zugleich der Beweis geführt wird, daß die de Pambour'sche Formel durchaus verwerflich ist. Aus dem Anhange müssen wir noch der Haupttabelle für gesättigte Wasserdämpfe gedenken, welche auf den neuesten Untersuchungen Regnault's beruht und für deren Genauigkeit der Umstand bürgt, daß sie mit Hilfe der Thomas'schen Rechenmaschine berechnet ist. Wir glauben unsere Besprechung über das Zeuner'sche Werk mit der Versicherung schließen zu können, daß kein anderes Werk der deutschen und ausländischen Literatur so geeignet sein dürfte, Studirende in diesen neuen Zweig der Wissenschaft einzuführen und dafür zu erwärmen.

Ueber die Anlage städtischer Abzugscanäle und Behandlung der Abfallstoffe aus Städten. Bericht an den Tit.-Stadtrath Zürich. Von A. Bürkli, städtischem Ingenieur in Zürich. Mit 6 Tafeln. Zürich, Druck und Verlag von Fr. Schultheß. 1866.

Diese Schrift behandelt einen Gegenstand, der in demselben Maaße an Bedeutung zunimmt, als sich in Folge der Eisenbahnen die Bevölkerung in gewissen Städten concentrirt und die Landwirthschaft im Allgemeinen rationeller betrieben wird. Sie giebt eine ausführliche Darstellung und Beschreibung der verschiedenen Systeme von Canalanlagen, welche in Frankreich, England, Belgien und Deutschland angewendet worden sind, und der Erfahrungen, welche dabei gemacht wurden, stellt dann allgemeine Grundsätze für die Beseitigung und Verwendung der Abfallstoffe auf, wobei der Kostenpunkt nur allzu sehr entscheidend wird, und theilt schlüßlich auch noch technische Rathschläge für die Anlage und Ausführung der Abzugscanäle sammt Kostenangaben mit. Der Herr Verfasser geht bei dieser Arbeit sehr vorurtheilsfrei und kritisch zu Werke und seine Schrift wird gewiß wesentlich zur Klärung der Ansichten über diese schwierige, in die Gesundheitspflege und die Nationalökonomie tief eingreifende Frage beitragen, wenn auch vielleicht das Resultat, zu welchem der Herr Verfasser gelangt, Manchen sehr überraschen sollte.

Zeichnungen über Wasser- und Straßenbau. I. Curs zu den Vorträgen des Professors Baumeister an der polytechnischen Schule zu Carlsruhe. Verlag von J. Veith in Carlsruhe. 1866.

Hervorgegangen aus dem Wunsche vieler Zuhörer des I. Curses über Wasser- und Straßenbau an der polytechnischen Schule in Carlsruhe, von den bei diesen Vorträgen vorgezeigten Wandtafeln ohne Zeitverlust und mit mehr Genauigkeit Copieen zu besitzen, bilden diese lithographirten Tafeln einen dem dortigen Unterrichtsgange folgenden Atlas, welcher aber auch anderwärts den Constructeurs eine willkommene Mustersammlung bieten wird, da die Figuren mit genügender Ausführlichkeit und in zweckmäßigem Maaßstabe gezeichnet, auch vielfach Nachweisungen über die Quellen früherer Veröffentlichungen beigefügt sind. Das vorliegende erste Heft enthält auf 20 Tafeln Zeichnungen von periodischen und continuirlichen Ziegel- und Kalköfen, von Thonschneidern, Quetschmühlen und Mörtelgängen, von stehenden, gesprengten und beweglichen Lehrgerüsten, von Winden, Krahnen aller Art und Versatzgerüsten, die folgenden 40 Tafeln dieses Curses

werden aber die Bagger- und Erdarbeiten, die Stützmauern und den Tunnelbau, endlich den Grundbau betreffen. Viele von diesen Zeichnungen sind Originalaufnahmen und durchgängig ist die Ausführung, sowie die ganze Ausstattung des Atlas, sehr zu rühmen.

Mittheilungen des Sächsischen Ingenieur-Vereines. Herausgegeben von dem Verwaltungsrathe des Vereines. Viertes Heft, enthaltend: Vollständige Abhandlung über den Hausschwamm von Dr. Hermann Fritzsche, k. sächs. Betriebsingenieur in Königstein. Preisschrift. Mit 1 lithographirten Tafel. Dresden, Woldemar Türk. 1866.

Soviel auch bereits über den Hausschwamm geschrieben worden, so wird man doch, wenn man diese Aufsätze nachliest, sehr bald darüber verstimmt, daß sich die mitgetheilten Erfahrungen nicht selten geradezu widersprechen. Das kleine Schriftchen, welches so eben der Sächsische Ingenieur-Verein veröffentlicht, faßt aber den fraglichen Gegenstand in einer mehr wissenschaftlichen und kritischen Weise auf, als die meisten Vorläufer desselben, und verschafft dem Leser bald die Ueberzeugung, daß der Hausschwamm doch nicht ein so unbesiegbarer Feind ist, als von Manchen behauptet wird, und daß das Fehlschlagen gewisser Mittel sich hinreichend durch die verkehrte Anwendung derselben erklärt. Der Herr Verfasser giebt zunächst Erläuterungen aus der Naturgeschichte des Hausschwammes, geht dann nach der Darstellung seiner Entstehungs- und Lebensbedingung auf die kritische Beleuchtung der Mittel zur Abhaltung und Beseitigung desselben über und schließt mit einem kurzen Resumé über die bewährtesten Mittel. Wir können der lehrreichen Schrift nur eine möglichst große Verbreitung und verständige Benutzung wünschen.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift für Bauwesen. Jahrgang XVI, 1866, Heft 1 bis 7.

Schwedler, die Construction der Kuppeldächer. — Unter Kuppeldächern versteht der Herr Verfasser hier eiserne Constructionen aus radialen Bogenträgern ohne Spannstangen, welche durch Ringe und Kreuze in der sphäroidischen Dachfläche unter sich verbunden sind. Da jeder innerhalb eines solchen Ringes liegende Kuppeltheil ein festes System für sich bildet, so sind derartige Constructionen, abgesehen von ihrer größeren Leichtigkeit überhaupt, viel leichter aufzustellen. Theoretisch müssen die Kuppelgewölbe und Kuppelconstructionen als elastische Platten doppelter Krümmung betrachtet werden, wenn den Einwirkungen variabler Belastungen Rechnung getragen werden soll, und auf diesen Anschauungen beruht die hier vorgetragene Theorie, auf die wir hier leider nicht näher eingehen können; auch wird ihre Anwendung an mehreren Beispielen, darunter die Kuppeldachconstruction der städtischen Gasanstalt in Berlin mit 40,7 Meter Spannweite, dargelegt, über welche detaillirte Zeichnungen, Kostenberechnungen u. s. w. mitgetheilt werden.

Hagen, die Canalisirung der oberen Saar. — Der hier beschriebene Canal bildet eine directe schiffbare Verbindung zwischen dem Rhein-Marne-Canal und den Steinkohlengruben des Saarbrückener Beckens. Er zweigt sich vom Rhein-Marne-Canale im See von Gondrexange ab, durchschneidet diesen See zwischen Deichen, überschreitet dann den Stocksee in einem massiven Aquäduct mit drei Oeffnungen, fällt nachher in 10 kurzen Haltungen bis in das Niveau des See's von Mittersheim, verfolgt hierauf das Naubachthal bis Harskirchen und zieht sich dann am westlichen Gehänge des Saarthales bis Saargemünd hin, nachdem er bei Saaralbe die Albe in einem eisernen, auf gemauerten Pfeilern ruhenden Brückencanal überschritten hat. Bei Saargemünd tritt der Canal in die Saar ein, welche selbst bis Louisenthal canalisirt ist. Die Länge vom Rhein-Marne-Canal bis zur Saar beträgt $8\frac{1}{4}$ Meilen und das Gefälle, welches durch 27 Schleusen aufgehoben wird, 72,7 Meter. Bodenbreite = 10 Meter, Wassertiefe 1,8 Meter, Breite im Wasserspiegel 15 Meter, Breite in der Höhe der Dammkrone 18 Meter, Kronenbreite 4 Meter, Höhe des Dammes über dem Canalboden 2,5 Meter. Die Schleusen sind 5,2 Meter breit, 34,5 Meter lang (vom Abfallboden des Oberdrempels bis zur unteren Thorkammer), haben 1,8 Meter Wassertiefe auf dem Drempel und 2,7 Meter Fall, so daß Schiffe von 3000 bis 4000 Centner Tragfähigkeit passiren können. Gespeist wird dieser Canal durch einen Speisegraben, welcher die weiße und rothe Saar verbindet, aber erst in Anspruch genommen werden darf, wenn die vereinigte Saar mehr als 2,78 Cubikmeter Wasser pro Secunde führt, weshalb der See von Gondrexange durch Erhöhung der Deiche bis zu 1,5 Meter über das Niveau des Canales zu einem ca. 6 Mill. Cubikmeter fassenden Reservoir umgewandelt worden ist. Man will diesen See aber zur Beschaffung von noch mehr Speisewasser bis zu 3,5 Meter über dem Normalwasserstande der Scheitelstrecke anspannen, wo er dann über 21 Mill. Cubikmeter Wasser fassen wird. Für die unteren Haltungen dient das von oben herabkommende Wasser zur Speisung, zur Ergänzung soll aber auch der Mittersheimer See noch um 1 Meter angespannt und aus der Saar bei Saarunion durch einen Speisegraben Wasser entnommen und dem Canale bei Bissart zugeleitet werden. An diesem Canale liegen 7 Häfen von 40 Meter Sohlenbreite und 190 bis 260 Meter Länge mit geräumigen Ladeplätzen. Der Hafen von Saargemünd hat 300 Meter Länge und die Hafenmauern sind zur Erleichterung des Ausladens in gebrochenen Linien von einer der Schiffslänge entsprechenden Länge hergestellt. Bei der canalisirten Saarstrecke ist zur Zeit nur das linke Ufer mit dem Leinpfade in 2 bis $2\frac{1}{2}$ füßiger Dossirung mit Pflasterung und Steinschüttung am Fuße regelmäßig abgeglichen worden, weil durch die Wehrbauten der Strom so verändert worden ist, daß sich noch kein Normalprofil feststellen ließ. Das Pflaster reicht bis zu 0,6 Meter über den niedrigsten Wasserstand, darüber sind Weiden gepflanzt und zur Entwässerung sind zahlreiche Steinrigolen vom Leinpfade bis zum Uferfuße gezogen. Der Leinpfad liegt 1,25 bis 4,5 Meter über dem normalen Stauwasserspiegel und ist 4,4 Meter breit. Bei der Austiefung des Flußbettes bediente man sich gewöhnlicher Handbagger, und wo es aus Felsen bestand, errichtete man einfache Fangdämme aus zwei Reihen 4 bis 4,5 Centim. starker eiserner Stangen mit dahinter gestellten Bretttafeln und eingestampfter Dammerde, bediente sich zum Theil auch blos der

Senkung des Wassers durch schnelles Zustellen der Wehre. Bei Louisenthal und Güdingen sind gewöhnliche Schleusencanäle angewendet, an deren unterem Ende die Schleusen **liegen, während** die oberen Mündungen in dem gehörigen **Abstande von dem** im Flusse erbauten Wehre befindlich sind, **so daß einerseits** die 180 bis 225 Meter langen Obercanäle **als Zufluchtsort** für die Schiffe bei Hochwasser dienen können, **andrerseits das** Verladen der Kohlen möglichst bequem wurde. **Bei** Saarbrücken ist aber die Schleuse dicht neben dem Wehre **hergestellt und** zwar durch Verlängerung der rechten Schleusen**mauer, was** in der Anlage und Beaufsichtigung billiger ist, **aber weder** eine so bequeme Einfahrt, noch einen Schutzhafen **bietet und** eine öftere Ausräumung des Untercanales nöthig **macht.** Die Bauten bei Louisenthal wurden so geführt, daß **die Schifffahrt** nach Saarbrücken deshalb nicht unterbrochen **zu werden** brauchte, worüber unsere Quelle das Nähere mit**theilt.** Für die Saarbrückener Anlagen erwuchs dadurch eine **besondre Schwierigkeit,** daß der St. Johanner Bahnhof 25 **Meter über** dem Spiegel der ungestauten Saar liegt. Der **sichern Verladung** der Kohlen wegen mußte zwischen diesem **Bahnhofe** und der Saar ein Hafen angelegt werden, dessen **Einfahrt** sich nicht gut anders als am obern Ende an**bringen** ließ. Das Durchflußprofil der Wehröffnung ist so **bestimmt,** daß dieses Wehr bei bordvollem Flusse keinen merk**lichen Stau** verursacht. Die Schleusen sind durchweg auf **Felsen** fundirt, ihre Sohle ist 0,6 Meter stark mit Kalkstein **untermauert** und darüber ein 0,3 Meter starkes Gewölbe mit **0,3 Meter** Pfeil ausgeführt. Die Oberhäupter liegen ca. **4,5 Meter** über dem zugehörigen Wehrrücken, die Schleusen**mauern** und Unterhäupter ca. 1 bis 1,25 Meter tiefer, damit **bei dem** angenommenen höchsten Fahrwasser der Saar die **Oberkante** der Unterthore noch über Wasser liegen sollte. Der **Oberdrempel,** dessen Oberkante 0,785 Meter unter dem Vor**boden liegt,** ist gebrochen und ganz von Stein ausgeführt **mit abgeschliffenen** Anschlagflächen, ebenso der Unterdrempel. **Die Schleusenthore** sind aus Eichenholz verfertigt und die **Bohlen durch** eingeschobene, 4 Centim. breite und mit getheerter **Leinwand** umwickelte Bandeisenfedern gedichtet. Nähere Details **giebt** unsere Quelle. Die Schützen sind von Schmiedeeisen **und so bemessen,** daß bei der normalen Stauhöhe 4 Minuten **Zeit zum Füllen** und Entleeren genügen. Zum Oeffnen der **Schleusenthore** sind an den Wandsäulen hölzerne Zugstangen **angebracht** und nach angestellten Versuchen beträgt der Kraft**aufwand** beim Saarbrücker Oberthor bei normaler Stauhöhe **zum Anfang** 280 Pfund. Auf der französischen Strecke des **Saarcanales** sind die Schleusen auf Beton fundirt, liegen **Ober- und** Unterhaupt, von denen ersteres stets gebrochen **ist, in** gleicher Höhe und sind die Drempel mit eichenen **Schwellen** versehen, während die Thore ganz von Eisen ge**fertigt und** nur beim Anschlage mit Holz gefüttert sind, wor**über ebenfalls** Details mitgetheilt werden. Die Wehre sind **Nadelwehre** nach dem Poirée'schen System auf einem mas**siven Unterbau** und haben zwei, durch einen 2,5 Meter breiten **Pfeiler** getrennte Durchflußöffnungen, deren Weite 25 bis **28 Meter** beträgt, und in welchen 21 bis 24 Wehrböcke aus **Kreuzeisen** stehen, gegen welche die tannenen, 5 bis 6,5 Centim. **im Quadrat** starken Nadeln sich stützen, und auf denen eine **aus drei** nebeneinanderliegenden 26 Zentim. breiten und 1,3 **Meter** langen Brettern bestehende Laufbrücke liegt. Bei ge**übten Leuten** erfordert das Umlegen der Böcke incl. Neben**arbeiten pro** Bock nur 1 Minute Zeit, wenn außer dem Wärter und seinem Gehilfen zwei Arbeiter zum Fortschaffen der Bretter und Schienen beschäftigt sind, das Aufrichten dauert länger. Ueber die Behandlung solcher Wehre werden nützliche Fingerzeige mitgetheilt; auch wird nach angestellten Messungen angeführt, daß zwischen zwei dicht gesetzten Nadeln durchschnittlich 0,3 Liter Wasser verloren gingen, und daß bei genügenden Arbeitskräften in einer Viertelstunde sämmtliche Nadeln aus einem Wehre entfernt werden können.

Simon, die eisernen Ueberbrückungen der Altenbeker-Holzmindener Eisenbahn. — Aus diesem von drei Tafeln begleiteten Aufsatze geht hervor, daß man bei der genannten Eisenbahn dreierlei Brücken angewendet hat, nämlich Träger aus gewalztem I Eisen mit aufgelegten Querschwellen für Durchlässe bis zu 1,8 Meter Weite, durchbrochene Blechträger mit durchgesteckten Querschwellen für Brücken bis zu 4,5 Meter Spannweite und Blechträger mit Quer- und Schwellenträgern aus Blech für Brücken bis zu 7,5 Meter Spannweite. Die Kosten pro laufenden Meter (incl. Holzwerk, Aufstellung und Transport) betrugen 95 bis 157 Thlr., durchschnittlich etwa 127 Thlr., wovon 3/4 auf die Eisenconstruction zu rechnen ist.

Wöhler, Versuche über die relative Festigkeit von Eisen, Stahl und Kupfer. — Ueber den im Jahrg. 1863 der „Zeitschrift für Bauwesen" veröffentlichten Theil dieser praktisch sehr werthvollen Versuche haben wir in d. Bl. 7. Band S. 103 und 9. Band S. 94 referirt. Die hier noch mitzutheilenden Versuche betreffen Stäbe mit Hohlkehle, wovon ein mit 1170 Kilogr. pro Qu.-Centim. belasteter Stab aus sehnigem Eisen von Wagenaxen der Gesellschaft Phönix bereits 70 Millionen Biegungen nach allen Seiten ausgehalten hat, ohne eine Spur von Veränderung zu zeigen, wogegen ein scharf abgesetzter Stab von demselben Material und unter derselben Belastung bereits bei 1386000 Biegungen gebrochen ist. Sie zeigen, daß die scharf abgesetzten Stäbe durchschnittlich eine um 25 Procent geringere Widerstandsfähigkeit besitzen, als diejenigen, wo die differirenden Querschnitte durch Hohlkehlen ineinander übergeführt sind. Das gleiche Verhältniß zeigen auch Gußstahlstäbe; bei Borsig'schem Gußstahl sind die scharf abgesetzten Stäbe sogar um 50 Procent schwächer. Mehrfach war der Querschnitt von der wirklichen Bruchstelle um 50 Procent größer, als an der beabsichtigten Bruchstelle. Was die Festigkeit des Gußstahles im Verhältniß zum Eisen anlangt, so ist sie nahe 1,5 mal so groß. Stäbe von Stangenkupfer ertrugen unter 730 Kilogr. Belastung pro Qu.-Centim. 14 Mill. Biegungen, ohne zu brechen, und das Kupfer scheint etwa 5/8 soviel Festigkeit als das Eisen zu besitzen. Weiter ergiebt sich aus den Versuchen des Herrn Verfassers, daß das Härten des Stahles den Elasticitätsmodulus nicht ändert. Wenn die Stäbe nur nach einer Richtung gebogen wurden, was mittelst eines andern zweckmäßig eingerichteten Apparates geschah, so fand man die Bruchgrenze nahe doppelt so hoch, nämlich bei Eisen des Phönix-Werkes erst bei 2200 Kil. pro Quadr.-Centim., bei Krupp'schem Axenstahl noch nicht bei 3655 Kil., für Bochumer Stahl bei 3290 Kil. Ebenso groß war diejenige des ungehärteten Federgußstahles, diejenige des gehärteten aber = 4380 Kil. Bei einseitiger Biegung findet zwischen Eisen und Stahl annähernd dasselbe Verhältniß statt, wie bei mehrseitiger Biegung, indem Eisen ohne zu brechen 2200, Bochumer Stahl 3290 Kil. Belastung pro Quadr.-Centim. ertrug. Eine dritte Reihe Versuche galt der Erörterung,

ob für den Bruch oder die Zerstörung des inneren Zusammenhanges das Maximum der Faserspannung, oder die Differenz der Spannungen maaßgebend sei, und sie zeigte, daß Letzteres der Fall sei, was von höchster Bedeutung für Eisenconstructionen mit einem großen Eigengewichte und geringen variabelen Belastungen ist. Bei Eisen darf nach Hrn. **Wöhler** die Summe der constanten und zufälligen Spannungen nicht viel über 1300 Kil. pro Quadr.-Centim. betragen, beim Gußstahl ist aber in dieser Beziehung ein viel weiterer Spielraum zulässig.

Grund, über den Norddeutschen Canal. — Referat aus der „Denkschrift über den großen Norddeutschen Canal zwischen Brunsbüttler Krog an der Elbe und dem Kieler Hafen", Kiel, Schwers'sche Buchhandlung, 1865, und zwei andern im J. 1864 ebenda erschienenen Schriften unter dem Titel: der große Norddeutsche Canal zwischen der Ostsee und Nordsee.

Schwabe, über Legung des 2. Geleises auf den preußischen Bahnen. — Im Allgemeinen hat man in den ersten Stadien des Eisenbahnwesens das Bedürfniß eines zweiten Geleises für viel dringender erachtet, als sich nachher erwiesen hat. In Preußen waren z. B. Ende 1864 851,78 Meilen Eisenbahn vorhanden, worunter aber 567,71 Meilen eingeleisige Bahn und nur 171,08 Meilen mit durchgängigem zweiten Geleise und 112,99 Meilen mit theilweisem zweiten Geleise befindlich sind, auch ist selbst bei den frequentesten Bahnen das zweite Geleis erst 10 bis 15 Jahre nach der Erbauung dieser Bahnen eröffnet worden, da nach den in Preußen und Oesterreich gemachten Erfahrungen auf einer eingeleisigen Bahn ein Verkehr mit einer Meileneinnahme von 100000 Thlr. noch bewältigt werden kann. Der Herr Verfasser ist daher der Ansicht, daß bei einem nicht unbeträchtlichen Theile der in Preußen noch zu erbauenden Bahnen ein zweites Geleis voraussichtlich nie oder doch erst in ferner Zeit erforderlich sein werde, und daß es daher weder nothwendig, noch vortheilhaft erscheine, beim Bau dieser Bahnen schon auf eine so fern liegende Eventualität Rücksicht zu nehmen. Aus diesem Grunde spricht er sich auch gegen die Erwerbung des Grundes für zwei Geleise aus, da die möglicherweise eintretende Werthsteigerung des Bodens durch die Zinsen des mehr gebrauchten Anlagscapitales reichlich aufgewogen werden dürften. Ob die Bauwerke ein- oder zweigeleisig herzustellen seien, oder wenigstens die zweigeleisige Herstellung beim Unterbau vorzusehen sei, ist in jedem speciellen Falle zu erwägen und Letzteres im Allgemeinen bei schlechtem Baugrunde und künstlicher Fundirung zu empfehlen. Welche Ersparniß beim eingeleisigen Grunderwerb und entsprechender Ausführung der Brücken und Durchlässe zu machen sei, ist kaum möglich, allgemein anzugeben, doch dürften 25 Procent Ersparung nicht zu hoch gegriffen sein, was durchschnittlich 25000 Thlr. pro Meile betragen würde.

Das Balance-Dock zu Pola. — Diese von dem Nordamerikaner John Gilbert erfundene Art von schwimmendem Dock leistet soviel als 5 Trockendocks und erspart überdies das gefährliche und schädliche Vomstapellassen. Sie unterscheidet sich vom gewöhnlichen schwimmenden Dock dadurch, daß die Reparaturen der Schiffe nicht unmittelbar darauf vorgenommen werden, das Balancedock vielmehr nur zum Transport dieser auf's Trockne zu ziehenden Schiffe dient. Zu solch einem Dock gehört ein großes, mit hohlem und in mehrere Kammern getheilten Boden und Seitenwänden versehenes Schiffsgefäß, ein gemauertes Bassin, welches durch ein Schwimmthor gegen die See hin verschlossen werden kann und eine locomobile hydraulische Presse, mittelst welcher das zu reparirende Schiff auf's trockne Land gezogen werden kann. Das zuerst erwähnte Schiffsgefäß steht, wenn es ein Schiff aufnehmen soll, vor dem Dock und kann sich in Führungen senkrecht auf und nieder bewegen. Durch Einlassen von Wasser in seine hohlen Wände wird es versenkt, damit das zu reparirende Schiff darüber gefahren werden kann, wobei sorgfältig darauf gesehen werden muß, daß der Schwerpunkt des Schiffes genau in die Mittellinie des Flosses zu stehen kommt. Ist das Schiff durch Taue und Stützen gehörig befestigt, so pumpt man das Wasser aus dem Floß heraus, bis das Schiff ganz über das Wasser heraustritt, wobei man das Gleichgewicht durch entsprechende Belastung der Kammern des Flosses mittelst eingelassenen Wassers aufrecht zu erhalten, resp. durch Stützbalken, Flurklötze u. dergl. herzustellen suchen muß. Mit dieser Last geht nun das Floß in das Bassin und stellt sich möglichst genau in der Axe einer Schleifbahn, auf welcher das Schiff nachher heraufgewunden werden soll, auf. Ist dies geschehen, so wird Wasser eingelassen, bis das Floß unten aufsitzt, und bei nächster Ebbe die Bassineinfahrt geschlossen. Hierauf werden dem Schiffe Schleifbalken untergelegt, und zwar genau in der Fortsetzung der Schleifbahn am Lande, auf diesen aber ein Schlitten zusammengesetzt, welcher mittelst der sogenannten Wiege (eines Polsters aus Tauen und Holzklötzen) den Bauch des Schiffes solid trägt und stützt. Endlich wird dieser Schlitten sammt Schiff mittelst einer locomobilen hydraulischen Presse auf der wohlgeschmierten Schleifbahn in die Höhe gewunden. Beim Abführen der reparirten Schiffe aus den Balancedocks wird natürlich das umgekehrte Verfahren angewendet. Das Floß hat in Pola 91,5 Meter Länge, 33 Meter Breite, einen hohlen Boden von 3,43 Meter Höhe und zwei 9,35 Meter hohe hohle Wände, welche 25,7 Meter Zwischenraum zwischen sich lassen. Zum Auspumpen dienen zwei 50pferdige Dampfpumpwerke. Das Tragvermögen des Flosses beträgt 10611 Tonnen. Das Bassin ist 95 Meter im Lichten lang und 64,5 Meter weit, sein Thor 36,5 Meter weit. Die Schleifbahnen, deren zwei vorhanden sind, besitzen 185 Meter Länge, liegen 29,3 Meter auseinander und haben auf die ganze Länge 1,5 Meter Ansteigen. Die Baukosten betrugen nur ungefähr 2200000 Francs.

Heidmann, Morin's Studien über die Ventilation. — Interessante auszugsweise Uebersetzung des großen bei Hachette in Paris erschienenen Werkes: Etudes sur la Ventilation, par Arthur Morin.

Schwabe, die Eisenbahnverbindungen mit Italien. — Darlegung der Nothwendigkeit einer Eisenbahnverbindung zwischen der Schweiz und Italien und Kritisirung der beiden hauptsächlichsten Projecte (Lukmanier- und Gotthard-Bahn), unter denen der Gotthardbahn der Vorzug zugesprochen wird.

Wiebe, allgemeine Theorie der Turbinen. — Eine sehr ausführliche und gelehrte Abhandlung, deren erster Theil sich mit der Darstellung der für Turbinen maaßgebenden allgemeinen Gesetze und Beziehungen beschäftigt.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem zwölften Bande des

Civilingenieur.

№ 6.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift für Bauwesen. Jahrgang XVI, 1866, Heft 1 bis 7. (Schluß.)

Der eiserne Ueberbau der neuen Unterspreebrücke bei Berlin im Zuge der Königl. Bahnhofs-Verbindungsbahn. — An Stelle einer provisorischen Holzbrücke, deren bauliche Unterhaltung sehr kostspielig wurde, trat die hier abgebildete geschmackvolle schmiedeeiserne Bogenbrücke, welche in Deutschland die erste Charnierbrücke sein dürfte und zugleich Straßen- und Eisenbahnbrücke ist. Sie überschreitet die Spree mittelst dreier Oeffnungen von 16,7 Meter Lichtweite unter einem Winkel von 8° 32′ und zwei auf beiden Seiten der Spree gelegene Uferstraßen mit Oeffnungen von 12,7 Meter Spannweite. Die beiden Strompfeiler sind über dem Hochwasserspiegel 2,2, die beiden Uferpfeiler 3,45 und die beiden Landpfeiler 4,18 Meter stark. In jeder Oeffnung liegen 14 Bogenträger mit 1/12 Pfeil nebeneinander, deren untere Gurtung aus zwei verticalen, oben und unten durch Winkeleisen verstärkten und durch Gitterwerk zu einer viereckigen Röhre verbundenen Platten besteht und polygonal (also zwischen den einzelnen Knotenpunkten geradlinig) geformt ist, während die obere Gurtung aus doppelten]Eisen besteht. Senkrechte und horizontale Diagonalverstrebungen verbinden diese Bogenträger, welche an den Füßen auf Charnieren stehen, und deren Hälften sich im Scheitel in Charnieren berühren, untereinander und auf ihrer oberen Gurtung liegt die Straßenfahrbahn mittelst gußeiserner Platten mit Verstärkungsrippen, die Eisenbahn mittelst aufgeschraubter hölzerner Querschwellen. Die Straßenbrücke ist von der Eisenbahnbrücke durch eine 26 Cent. starke, mit Granitplatten abgedeckte Ziegelmauer und ein eisernes Geländer getrennt, die äußere Begrenzung der 15,7 Meter breiten Brücke bilden reichverzierte gußeiserne Geländer. Die Gesammtkosten betrugen ca. 140000 Thlr., wovon auf den eisernen Ueberbau 50608 Thlr. kommen. Die Construction mit Charnieren gewährt nicht nur den Vortheil, daß die Berechnung einer solchen Brücke genauer durchgeführt werden kann und der schädliche Einfluß der Temperatur beseitigt wird, sondern erleichtert auch wesentlich die Aufstellung, welche hier mittelst eines auf Kähnen stehenden Krahnes ohne eigentliche Rüstung bewirkt wurde.

Michaelis, über Wasserbauanlagen in Irland. — Ausführliche Beschreibung verschiedener Anlagen zur Entwässerung, Verbesserung der Binnenschifffahrt, Nutzbarmachung von Wasserkräften und Fischerei, welche in den Jahren 1842 bis 1852 in Irland ausgeführt worden sind.

Beyer, Floßbrücke über die Havel in Spandau. — Eine aus dicht nebeneinander liegenden 12 bis 20 Meter langen, an den Enden durch aufgenagelte starke Latten unter sich verbundenen und mittelst eingerammter Pfähle in ihrer Lage erhaltenen Tannenkantholzstämmen gebildete Floßbrücke mit einem 11 Meter breiten Durchlasse, welcher nach Art der Drehbrücken eingerichtet ist. An den Ufern sind Landbrücken angebracht, welche sich bei 1,25 Meter Abstand vom Ende der Floßbrücke auflegen, und der feste Belag der Brücke (aus 5 Cent. starken Kieferbohlen) ruht auf Streckhölzern. Der Durchlaß besteht aus zwei Hälften, welche außen durch einen 2,5 Meter breiten, 5,56 Meter langen Prahm mit 0,86 Meter Bordhöhe getragen werden, am andern Ende aber sich um einen 5 Cent. starken Zapfen drehen, der in einem solid an den Stämmen befestigten Drehpfosten steckt. Das äußere Ende ist schräg geschnitten und wird durch einen Riegel mit dem andern Durchlaßende verbunden. Tragkraft der Brücke 80 bis 100 Ctr.

Hoffmann, der Mont Cenis-Tunnel. — Aus diesem, vom Januar laufenden Jahres datirten Berichte entnehmen wir, daß der Richtstolln, welcher mit 3,2 Meter Weite und 2,8 Meter Höhe betrieben wird, bei der maschinellen Bohrarbeit auf der Südseite des Tunnels, wo derselbe in quarzigem Thonschiefer steht, in 24 Stunden um 2 bis 2½ Meter vorrückt, während die Erweiterungsarbeiten durch die neuerdings unter den Arbeitern ausgebrochene Cholera erheblich gestört wurden. Von der ganzen auf dieser Seite bis zum December vor. Jahr. erreichten Länge von 3039 Metern waren ca. 4/5 vollständig ausgemauert. Bei 8 bis 10° Kälte im Freien betrug die Wärme vor Ort über +20° R., jedoch war die Ventilation genügend, wozu außer der von den Bohrmaschinen und sonst ausströmenden comprimirten Luft ein in der Förste des Tunnels angebrachter Wetterscheider, der mit einer 60 Meter hohen Esse vor dem Tunneleingange in Verbindung steht und die verdorbene Luft abführt, wesentlich beitrug, doch will man zu diesem Behufe noch einen besondern, durch eine Turbine getriebenen Ventilationsapparat aufstellen. Auf der Nordseite (bei Modane) bohrte man anfangs in Thonschiefer mit Anthracit, neuerdings aber in sehr festem Quarz, worin der Richtstolln täglich nur 0,8 bis 1 Meter vorrückt. Von der daselbst erreichten ganzen Länge an 2195 Metern sind 3/4 vollständig ausgemauert, im Quarzgebirge hofft man ohne Mäuerung auszukommen. Im Ganzen sind bis zur Vollendung des Tunnels noch 6986 Meter oder etwas mehr als die Hälfte zu durchörtern, und sind dann noch etwa 6 Monate zur gänzlichen Vollendung erforderlich, welche man im J. 1870 zu erreichen hofft. Die Apparate zur Erzeugung von comprimirter Luft zeigen sich vollkommen genügend. — Was die Fell'sche Interims-Eisenbahn über den Mont Cenis anlangt, so sollen die Fahrten auf der mit großer Sorgfalt

hergestellten Versuchsstrecke ein günstiges Ergebniß geliefert haben, indem eine 360 Ctr. schwere Locomotive eine Gesammtlast von 500 bis 600 Ctr. mit 2 Meilen Geschwindigkeit pro Stunde zu transportiren im Stande war und leichte Personenzüge mit $2^2/_5$ Meilen Geschwindigkeit fahren konnten. Die Unternehmer wollen die ganze Bahn in 18 Monaten vollenden.

Sluyterman van Langeweide, über die Trajectanstalt zwischen Lauenburg und Hohnstorf. — In der Eisenbahnroute Hamburg, resp. Lübeck-Büchen-Lauenburg-Lüneburg nach Hannover wurde zur Ueberschreitung der Elbe an Stelle einer kostspieligen Brücke blos eine sogenannte Trajectanstalt ausgeführt. An beiden Ufern sind hölzerne Landungsbrücken und zum Schutz derselben gegen Strom und Eisgang in Lauenburg ein Erddamm, in Hohnstorf ein hölzerner Hafendamm hergestellt. Die Passagiere besteigen die Dampffähre von der Seite und werden in 10 Minuten übergefahren. Zwischen zwei Personenzügen werden die Güterwagen expedirt, von denen je 4 auf einmal auf die Fähre genommen werden. Sie werden auf der Kopfseite der Fähre mittelst einer unter 1:9 geneigten Ebene auf's Verdeck herabgelassen und mittelst einer stehenden Dampfmaschine am andern Ufer wieder heraufgezogen; den Uebergang von der geneigten Ebene auf's Schiff vermittelt ein Schlitten, welcher nach dem Wasserstande heraufgezogen oder herabgelassen wird. Signallaternen am Ufer bezeichnen dem Steuermann das Fahrwasser und im Winter erhält sich die Fähre offenes Fahrwasser durch fortwährendes Hin- und Herfahren. Die Dampffähre hat 150 Pferdekraft, ist 44 Meter lang und 13,5 Meter breit bei 0,94 bis 1,25 Meter Tiefgang. Die stehende Dampfmaschine ist 46 Pferde stark und arbeitet bei 0,534 Meter Hub, 0,34 Meter Durchmesser und 1,1 Meter Geschwindigkeit pro Secunde mit 2,339 Kilogr. Dampfdruck im Cylinder pro Quadr.-Centimeter. Die Gesammtkosten der Anlage betrugen 198061 Thlr., wovon auf die Schiffe, Telegraphen u. s. w. 64470 Thlr. kommen.

Wiebe, Entwurf zur Entwässerung der Stadt Danzig. — Um die Verunreinigung der Erdschichten durch die Abtrittsgruben zu beseitigen und dem Regen- und Hauswasser einen besseren Abzug, als in die fast stillstehenden Flußläufe bei Danzig zu verschaffen, soll ein unter den Kellern liegendes Canalsystem, verbunden mit einer Pumpstation, angelegt werden, welches diese Flüssigkeiten $^3/_8$ Meilen weit bis auf den vorderen Rand des Dünenterrains, 3,77 Meter über dem Meeresspiegel, fortschaffen und zur Berieselung eines 80 Hektaren großen Dünenterrains dienstbar machen soll, ehe sie in's Meer abfließen. Zur Entwässerung der Straßen sind 3 Meter tief liegende, 23,5 bis 47 Cent. weite Thonröhren mit mindestens $^1/_{360}$ Gefälle projectirt; der Hauptcanal auf der linken Stadtseite soll 1,57 Meter hoch und 1,04 Meter weit in Ziegeln und Cement gemauert werden und ein Gefälle von 1:1500 erhalten; derjenige auf der rechten Stadtseite ein Gefälle von 1:2400. Die Pumpstation, welche 3,86 bis 34 Cubikmeter Flüssigkeit zu bewältigen hat, bekommt 4 Pumpen von 52,6 Cent. Durchmesser und 1,464 Meter Hub mit 57,5 Cent. weiten Steigröhren. Die Anlagskosten sind auf 654000 Thlr., die Betriebskosten auf 5700 Thlr. jährlich berechnet.

Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. 1866. Band X, Heft 1—6.

Thomée, über die Herbeiführung einer Normal-Drahtlehre. — Bekanntlich wird in den deutschen Drahtfabriken nicht blos nach der westphälischen, sondern auch nach der englischen und französischen Lehre gearbeitet, was den Verkehr wesentlich erschwert. Der Herr Vortragende sucht daher den Verein für die Herbeiführung einer seit Jahren von ihm vorbereiteten Normallehre zu interessiren, wogegen Herr Heinemann die Befürchtung ausspricht, daß eine besondere Drahtlehre für den Zollverein blos die Zahl der bestehenden Lehren vermehren und sonst keinen Nutzen schaffen werde. Genügend sei die Annahme einer allgemein giltigen Bezeichnung für jede Drahtsorte, wozu das Gewicht eines Kilometers Draht in Kilogrammen (unter Zugrundelegung des specifischen Gewichtes 7,7) vorgeschlagen wird.

Schmitt, Notizen über die französischen Panzerschiffe. — Mit mehreren Tafeln Zeichnungen.

Grashof, die Pressung des Erdbodens unter dem Ambos eines arbeitenden Dampfhammers. — Bedeutet m die Masse des Fallbärs des Hammers und m_1 die auf die Stelle des Stoßes reducirte Masse des Ambosses, c die Geschwindigkeit des stoßenden Körpers, so giebt bekanntlich die Formel $L = \frac{m m_1}{m + m_1} \cdot \frac{c^2}{2}$ die lebendige Kraft, welche beim Stoße verloren geht. Es ist aber hierin nicht bekannt, wie groß m_1 sei, ebenso ist weiter nicht bekannt, ein wie großer Theil der lebendigen Kraft λL in der zweiten Periode des Stoßes wieder gewonnen wird, da dies von der Elasticität des Stoßes abhängt. Die übrig bleibende Arbeit wird dann von dem stoßenden und gestoßenen Körper, sowie von den Widerlagern aufgenommen und es ist abermals nicht gut möglich anzugeben, wieviel davon durch die Nachgiebigkeit der Widerlager u. s. w. verloren geht, — trotzdem ist das hier vorgeführte Beispiel sehr interessant.

Stigler, 7pferdige Locomobile mit Schleifenbewegung. — Diese Construction von Locomobilen zeigt einige zweckmäßige Abweichungen von der gewöhnlichen Art. Der Kessel ist ein gewöhnlicher Röhrenkessel mit Feuerbox, in welche der Cylinderkessel in fortlaufender Linie übergeht. Die Rauchkammer ist von Gußeisen und mit einem umlegbaren Schornstein versehen. Die Axe des hinteren Räderpaares ist an einem verticalen Bleche befestigt, welches an der Feuerbox angebracht ist, und nicht gebogen. Das Vordergestell ist drehbar und der eine Theil desselben am Kessel, der andere an der geraden Axe befestigt. Um den Einfluß der Ausdehnungen und Verschiebungen zu paralysiren und doch eine schwere Fundamentplatte zu vermeiden, ist Schleifenbewegung angewendet; überdies liegt der Dampfcylinder in dem gußeisernen Dampfdome und braucht demgemäß keinen Schieberkasten, endlich ist eine besondere Expansionsvorrichtung angebracht.

Commines de Marsilly, über die Verbrennung von Steinkohlen und Cokes bei Locomotiven. — Bei Cokes ist die Verbrennung während des Stationirens eine unvollkommene und in den Verbrennungsgasen viel Kohlenoxyd und Stickgas vorhanden. Während des Ganges der Maschine zeigt sich fast kein Kohlenoxydgas, aber freier Sauer-

stoff, und bei großer Geschwindigkeit, wo die ganze Cokesschicht zum Glühen kommt und die unten gebildete Kohlensäure durch die obern Schichten wieder zu Kohlenoxyd reducirt wird, tritt wieder überwiegendes Kohlenoxydgas in den Verbrennungsgasen auf. Bei Steinkohlen ist die Verbrennung während des Stationirens sehr unvollkommen, bessert sich aber nach der Abfahrt rasch. Bei rascher Fahrt und sehr lebhaftem Luftzug entwickeln sich, bis die Kohle abdestillirt ist, sehr viel flüchtige Substanzen, und die Gase zeigen hauptsächlich Wasserstoff.

Artus'sche Mörtelbereitung. — Der Kalkbrei wird zuerst wie gewöhnlich mit feinem abgesiebten Kalke sorgfältig gemischt, dann aber noch so viel fein zertheilter ungelöschter Kalk zugemengt, als der vierte Theil des angewendeten Sandes beträgt, alles gut durcheinander gemengt und sofort verarbeitet. Ein auf diese Weise aus 1 Th. gelöschten Kalkes und 3 Thln. Sand mit Zusatz von 3/4 Th. ungelöschten Kalkes bereiteter Mörtel war bei Fundamentmauer bereits nach vier Tagen so fest, daß man ein spitzes Eisen nicht mehr hineindrücken konnte.

Versuche mit Lenoir's Gasmaschine. — Eine solche Maschine von 180 Mill. Kolbendurchmesser und 300 Mill. Hub, welche mit einer Mischung von 1 Leuchtgas auf 9 Luft arbeitete und 500 bis 600 Liter Kühlwasser pro Stunde brauchte, gab bei 104 Umdrehungen 1 Pferdekraft Leistung und brauchte 2984 Liter Gas pro Stunde, sowie 1 Kilogr. Oel zur Schmierung pro Tag. Der Aufwand für die Batterie ist nicht angegeben, aber noch besonders darauf aufmerksam gemacht, daß diese Maschinen eine sehr gute Wartung verlangen.

Jacobi, die Braunkohlenpresse auf der Grube von der Heydt. — Die zu pressenden Braunkohlen müssen erst scharf getrocknet werden, wozu der Herr Vortragende einen nur durch Rückdampf geheizten Ofen gebaut hat, in welchem die Luft auf 60 bis 65° erwärmt wird, um dann per Ventilator in den Trockenraum geschafft zu werden. Man trocknet pro Tag 440 Hektoliter Kohle und reducirt dadurch das Gewicht um ca. 40 %. Die nach vielen Versuchen endlich gehörig ausgebildete Presse liefert täglich gegen 40000 Stück steinkohlenähnliche Preßsteine.

Versuche mit der Braunkohlenpresse von Hertel & Comp. in Nienburg a. d. S. — Diese Presse verarbeitet die vorläufig in Haselnußgröße zerkleinerten und angefeuchteten (festen Börnecker) Braunkohlen zu einem 235 Mill. breiten und 105 Mill. hohen saubern plastischen Strange, welcher durch eine per Hand bewegte Vorrichtung in Ziegel von 62 Mill. Stärke zerschnitten wird. In 26 Minuten bereitete die Maschine bei 5,5 Umdrehungen pro Minute 450 Stück Ziegel, welche sofort hochkantig je fünf übereinander aufgeschichtet werden konnten. Rechnet man das Anlagscapital zu 7500 Thlrn. und 5 % Zinsen, sowie 5 % Amortisation, so kommen bei 150 Tagen Arbeitszeit 1000 Stück Ziegel auf 18,75 Sgr. zu stehen, oder ebenso viel als bei Handarbeit, während die Qualität der Steine eine weit bessere ist. Die auf Exter'schen Pressen gefertigten Steine kommen erheblich theurer zu stehen.

Werner, über Nagel's Wasserstrahlpumpe. — Nagel's interessanter Apparat zur Entleerung von Baugruben beruht auf dem Princip des Wassertrommelgebläses und der Wasserstrahlpumpe, und besteht aus einer schwach conisch zulaufenden Röhre, deren eines Ende in dem Kraftwasserreservoir mündet, während das engere Ende ein sich nach außen erweiterndes Mundstück besitzt, und an welche sich an der Stelle, wo das Mundstück angesetzt ist, seitwärts das nach der Baugrube führende Saugrohr anschließt. Bezeichnet man das Gefälle und die Geschwindigkeit des Betriebswassers mit h und c, diejenige des gehobenen Wassers mit h_1 und c_1, die Aufschlagwassermenge mit Q und die Hubwassermenge mit Q_1, das Verhältniß $\frac{Q_1}{Q}$ mit φ und das Verhältniß $\frac{c_1}{c}$ mit α, so erhält man den Querschnitt des Aufschlagrohres $F = \frac{Q}{c}$, denjenigen des Saugrohres $F_1 = \varphi \frac{Q}{c}$, denjenigen des unmittelbar hinter der Saugrohrmündung liegenden Theiles des conisch divergenten Mundstückes $F_2 = \frac{Q(1+\varphi)^2}{c+\varphi c_1}$ und denjenigen des äußeren Endes des Mundstückes

$$F_3 = \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \frac{Q(1+\varphi)^2}{c+\varphi c_1},$$

den Wirkungsgrad aber $\eta = \varphi \frac{h_1}{h}$.

Kayser, über Dampfkesselexplosionen. — (Schluß der bereits in Nr. 4 d. Bl. kurz wiedergegebenen Abhandlung.) Beim Gießen von Blei in Wasser entstehen immer heftigere Detonationen, je häufiger das Experiment mit demselben Wasser wiederholt wird, bis der Boden des Topfes herausgeschlagen wird. Diese Erscheinung erklärt sich durch die plötzliche Umbildung einer Quantität Wasser in Dampf, welche eintritt, wenn man in beinahe siedend heißes Wasser noch geschmolzene Metallmassen eingießt. Bei Dampfkesseln kann nun das Wasser unter dem Drucke des darüberstehenden Dampfes sogar noch eine größere Wärme als 100° annehmen und es wird daher, sobald der Druck vermindert wird, eine gewisse Menge Wasser augenblicklich in Dampf umgesetzt werden, wie auch an dem kleinen Versuchsdampfkessel sogleich sichtbar ward, sobald das Ventil gehoben wurde. Es erklärt sich durch diese Annahme auch, warum die Dampfkessel nicht der Länge nach zerreißen, wenn sie explodiren, sondern rechtwinklig dagegen, denn es hebt sich die in Folge der Explosion angestrebte Längenausdehnung gegenseitig nicht in gleicher Weise auf, wie das radiale Ausdehnungsbestreben. Um nun derartigen Explosionen, welche durch eine plötzliche Verminderung der Dampfspannung herbeigeführt werden, vorzubeugen, wird man zunächst die Sicherheits- und Absperrventile so einzurichten haben, daß sie die Oeffnung nicht zu plötzlich öffnen, einen verhältnißmäßig großen Dampfraum und kleinen Wasserraum vorsehen müssen, endlich die Wassermasse in energische Bewegung zu bringen suchen.

Schmelzer, Einmengung von Braunkohlenasche in Mauerziegel. — Mauersteine, bei deren Fabrikation 1/2 bis 1 Theil Braunkohlenasche zu 1 Th. Ziegelthon gemengt wird, trocknen schneller, werden leichter gaar gebrannt, halten sich ebenso gut als solche aus reinem Ziegelthon und haben ein etwas geringeres Gewicht und mehr Porosität.

Fölsche, über die Bessemerstahlbereitung. — Dieser Vortrag basirt in der Hauptsache auf einem von Bessemer selbst in der Zusammenkunft der britischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften zu Birmingham gehaltenen Vortrage.

Pütsch, Drehscheibe für Pferdebahnen. — Eine einfache, dauerhafte und leicht transportable Drehscheibe von 2 Meter Durchmesser.

Jacobi, über die Theer- u. Mineralölindustrie. — Interessante Mittheilungen über diese noch ziemlich junge und bereits so wichtig gewordene Industrie.

Daelen's Dampferzeugung durch directe Einwirkung der Verbrennungsgase. — Nach Versuchen von Daelen kann auf dem Herde eines Puddelofens mit demselben Kohlenquantum eine viermal so große Wassermenge verdampft werden, als bei indirecter Einwirkung des Feuers und durch diese Beobachtung wurde Daelen's patentirter Dampfgenerator hervorgerufen, welcher zwar den praktischen Anforderungen noch nicht entspricht, aber vielleicht noch ausbildungsfähig ist. Er besteht aus einem stehenden Dampfkessel, in welchem sich ein cylindrischer, oben durch ein Ventil geschlossener und ringsum von Wasser umgebener Feuerraum befindet. Im Boden des Letzteren ist eine Röhre mit einer Schnecke angebracht, welche die Steinkohlen zufördert, und diese Schnecke wird durch eine seitwärts einmündende Röhre gespeist, durch welche zugleich die Luft mittelst eines Ventilators eingeblasen wird. Die durch die Verbrennung entstehenden Gase müssen oben durch das Ventil des Feuerraumes entweichen, werden durch das Wasser hindurchgepreßt und gelangen mit dem Wasserdampf in die Dampfmaschine. Einen Erfolg hat diese Maschine, wie andere ähnliche Versuche nicht gehabt, auch scheint die Eingangs angeführte Beobachtung über die Verdampfung in Puddelöfen auf einem Irrthum zu beruhen.

Lefroy's Heißluftmaschine — beruht auf einem ganz ähnlichen Princip, indem hier der Ofen, dessen Stäbe hohl und mit Wasser gefüllt sind, ebenfalls keinen Schornstein besitzt, durch einen Schieberapparat mit Kohlen gespeist wird und durch ein Gebläse comprimirte Luft zugeführt erhält. Die Verbrennungsgase müssen sich zunächst durch das Wasser des den Ofen ringsumgebenden Kessels hindurcharbeiten und gehen dann mit dem Wasserdampf in die Dampfcylinder.

Pütsch, Geraderichten eines schiefen Schornsteins. — Das Fundament des 16 Meter hohen und an der Spitze um 329 Millimeter aus der Lothrichtung gekommenen Schornsteins wurde auf der der Neigung entgegengesetzten Seite vorsichtig untergraben, wobei die Erde durch Einspritzen von Wasser erweicht wurde, und da der Schornstein sich in der gewünschten Weise bewegte, so wurden Feldsteine in Cement darunter gebettet.

Schmidt, Conuszirkel. — Zum Nachmessen conischer Räder liefert die Maschinenfabrik von Gebr. Decker & Co. in Canstatt einen zweckmäßigen Conuszirkel, welcher aus einer rectangulären, in der Mitte der Radnabe wegen halbkreisförmig ausgebogenen Stange mit zwei darauf verschiebbaren Hülsen besteht. Die Hülsen tragen nach oben eine Platte mit einem kreisbogenförmigen Ausschnitt, hinter welcher sich ein winkelhakenartig abgeschrägter und um einen Bolzen drehbarer Schenkel dreht, der mittelst Preßschraube beliebig in dem Ausschnitte festgestellt werden kann.

Werkzeuge zum Abschneiden der Röhren. — Bei den beiden hier abgebildeten Werkzeugen dient zum Abschneiden eine Fraise, welche an einem Bügel verstellbar angebracht ist. Man legt den Bügel um die Röhre, stellt die Fraise fest und dreht das Werkzeug um die Röhre herum, bis ein Einschnitt entsteht, wobei man die Fraise nach und nach fester anzieht.

Correns' Schieberführung — gewährt den Vortheil, daß der Schieber leicht abgenommen werden kann. Die Schieberstange faßt nämlich den Schieber zwischen zwei, mittelst Keilen an ihr befestigten schmiedeeisernen Ankern; damit der Schieber jedoch noch einige Beweglichkeit behalte, ist zwischen die Anker eine Blechhülse eingelegt, welche etwas weiter als die Schieberstange ist.

Stöß, über einen Dampfüberhitzungsapparat. — Der Dampf tritt in einen Kasten, in dessen Boden ein unten offenes Röhrensystem befestigt ist. Ueber diese Röhren greifen andere unten geschlossene Röhren, um welche die Feuergase circuliren, sodaß die Dämpfe beim Durchströmen dieser Röhren überhitzt werden.

Dietze, über Dampfschiffe mit zwei Schrauben. — Zwillingsschraubenschiffe gewähren den Vortheil, daß sie sich nahe um ihre Axe drehen können. Die Schrauben liegen nahe bei einander zu beiden Seiten des Kiels und werden jede durch eine besondere Zwillingsdampfmaschine getrieben.

Dietze, über Oberflächencondensation für Dampfschiffe. — Solche Condensatoren geben gute Erfolge, wenn die Oberfläche der 19 Mill. weiten kupfernen Röhren, durch welche der Dampf strömt, 55 Proc. von der Heizfläche ausmacht und das Wasser auf 30 bis 35° R. erwärmt wird. Das Kühlwasser wird durch Centrifugalpumpen zugeführt.

Seiff, schmiedeeiserne Laufbrücke. — Lichte Weite zwischen den Uferpfeilern 10,195 Meter, Breite der Brückenbahn 1,699 Meter. Die beiden Träger sind fischbauchförmig gestaltet und in der Mitte 0,708 Meter hoch; die obere Gurtung besteht aus zwei T Eisen, die untere aus zwei Schienen von Flacheisen, die Füllung aus Verticalen und Diagonalen. Gesammtgewicht, incl. Bohlenbelag 900 Kilogr.; Herstellungskosten incl. Belag und Montiren 210 Thaler.

Gieseler, Notizen über Werkzeuge und Werkzeugmaschinen. — Vorliegender Aufsatz beruht hauptsächlich auf den Versuchen des französischen Marine-Ingenieurs Joessel zu Indret, welche im Bull. de la société d'encour., Oktober 1864, mitgetheilt sind. Die Arbeit, welche ein keilförmiger Schmiedestahl verrichtet, wenn er einen Span von einer zu bearbeitenden Fläche abnimmt, und der Kraftaufwand, welcher zu seiner Bewegung erforderlich ist, hängt jedenfalls von dem Winkel der Schneide ϑ und von dem Winkel i ab, unter welchem der Schmiedestahl gegen die Fläche geneigt ist. Je größer die Summe dieser Winkel ist, um so mehr wird der Span zerkleinert, je kleiner derselbe ist, um so mehr drückt der Span vermöge seiner Elasticität gegen den Stahl, um so mehr Widerstand findet also Letzterer beim Eindringen, es muß also einen vortheilhaftesten Winkel $i + \vartheta$ geben, welcher durch Versuche zu ermitteln ist. Weiter ist für die Form der Schneidstähle noch der Umstand bestimmend, daß man fast niemals die ganze Breite der Fläche auf einmal wegnehmen kann, der Stahl also auch an der Seite arbeiten muß, weshalb die Schneide an den Kanten abgerundet zu werden pflegt. Bei den Jössel'schen Versuchen zur Ermittelung des günstigsten Schneidewinkels fing man von der niedrigsten Grenze an, wo der Stahl gefangen wird, und probirte dann jedesmal einen um 3° größeren Winkel, auch ließ man die Anstellungswinkel von 2° an um je 3° wachsen, bis die Kante

brach. Der Kraftaufwand wurde durch ein Taurines'sches Rotationsdynamometer gemessen. Man fand, daß jedem Kantenwinkel ein vortheilhaftester Anstellungswinkel entsprach, und daß die Summe beider eine constante Größe war, welche für Schmiedeeisen = 54°, für Gußeisen = 55° betrug. Am besten bewährte sich der Schneidewinkel ϑ von 51°, bei Bronce jedoch 66° und $i = 3°$. Näheres zeigt nachstehende Tabelle:

Schmiedeeisen	Kantenwinkel	45°	48°	51°	54°	57°
	Anstellungswinkel	—	6°	3°	0°	—
	Kraftaufwand	—	0,41	0,33	0,44	—
Gußeisen	Kantenwinkel	45°	48°	51°	54°	57°
	Anstellungswinkel	—	7°	4°	1°	—
	Kraftaufwand	—	0,285	0,28	0,285	—

Welchen Einfluß die Geschwindigkeit auf den Kraftaufwand hat, zeigt nachstehende Uebersicht:

a. Schmiedeeisen. Kantenwinkel 51°, Anstellungswinkel 3°, Spandicke 31 Millimeter.

Geschwindigkeit des Arbeitsstückes	111	101	89,2	78,4	68,4	59	47	36,2	25,6	15 Millim.
relativer Kraftaufwand	1,2090	1,1180	1,0242	0,9060	0,6626	0,3895	0,3974	0,4850	0,6220	1,0319

b. Gußeisen. Kantenwinkel 51°, Anstellungswinkel 4°, Spandicke 31 Millimeter.

Geschwindigkeit des Arbeitsstückes	84,25	72,75	62,50	51,30	40,30	29,65 Millimeter.
relativer Kraftaufwand	0,7544	0,6972	0,4263	0,4113	0,2437	0,3157

Ueber den Einfluß der Spandicke bei gleicher Geschwindigkeit und unter dem günstigsten Winkel giebt nachstehende Uebersicht Aufschluß:

Schmiedeeisen 67 Mill. Geschwindigkeit	Spandicke	0,31	0,41	0,51 Millimeter.
	relativer Kraftaufwand	0,3202	0,4500	0,5600
Gußeisen 57,2 Mill. Geschwindigkeit	relativer Kraftaufwand	0,2828	0,4230	0,5000

Demnach giebt Joessel über die zu wählenden Kanten- und Anstellungswinkel folgende Vorschriften:

Stähle für	Schmiedeeisen. ϑ	i	Gußeisen. ϑ	i	Bronze. ϑ	i
Drehbänke, Cylinderbohrmaschinen, Hobel- und Shapingmaschinen	51°	3°	51°	4°	66°	3°
Stoßmaschinen	66°	3°	66°	3°	76°	3°

Was die Geschwindigkeit anlangt, so sind 100 Millim. pro Secunde als äußerste Grenze anzusehen, das Fortrücken ist aber bei Maschinen mit continuirlich drehender Bewegung höchstens = 0,5, bei solchen mit hin- und hergehender Bewegung höchstens = 1 Mill. zu machen. Ueber Drehbänke können noch folgende Angaben nützlich sein, welche die relative Betriebskraft für ein gleiches Spangewicht vorführen.

Durchmesser der Welle.	Relative Betriebkraft bei einer Fortrückung in Mill. 0,31	0,41	0,51	Günstigste Fortrückung in Millim.	
0,05 Met.	1,540	1,370	1,560	0,40	Kleine Drehbank von 0,23 Pfkr.
0,10	0,930	0,910	1,190	0,37	
0,15	0,545	0,630	0,955	0,28	
0,10	0,540	1,370	1,560	0,40	Mittlere Drehbank von 0,47 Pfkr.
0,20	0,930	0,910	1,190	0,37	
0,30	0,726	0,750	1,466	0,30	
0,30	1,540	1,370	1,560	0,40	Große Drehbank von 1,40 Pfkr.
0,40	1,235	1,140	1,370	0,39	
0,50	1,040	0,990	1,260	0,37	

Für Lochbohrer mit winklig zusammenlaufenden Schneidkanten hat man zu Indret folgende Verhältnisse als die vortheilhaftesten erkannt: Kantenwinkel 51°, Anstellungswinkel 4°, Winkel, unter welchem die Schneiden zusammenstoßen, 110°, Nachziehen des Bohrers 0,275 Millimeter. Nach Clarinval's Versuchen (siehe d. Bl. zu dem Jahrg. 1860 des Civilingenieur, S. 68) ist die beim Bohren eines bestimmten Loches consumirte Arbeit ziemlich unabhängig von der Geschwindigkeit des Bohrers und eine äußerste Geschwindigkeit von 0,12 Meter bei Schmiedeeisen, von 0,06 Meter bei Gußeisen und von 0,18 Meter bei Bronze zulässig. Gewöhnliche Bohrer mit winklig zusammenlaufenden Schneidekanten und nahezu ebenen Seitenflächen brauchen bei Schmiedeeisen $1^1/_4$ bis $1^7/_8$ mal, bei Gußeisen 2,6 mal soviel Betriebskraft, als Centrumbohrer. Für Centrumbohrer ist zum Abbohren von 1 Mill. Loch pro Minute folgende Arbeit in Kilogrammetern pro Secunde erforderlich:

Lochtiefe.	Lochweite in Mill. 8	15	35	
10 Mill.	1,57	2,23	7,4	hartes Eisen. geschmiert mit Seifenwasser.
20 „	1,57	2,23	7,6	
30 „	1,63	2,23	7,9	
10 „	0,5	1,1	3,6	graues Gußeisen. trocken.
20 „	0,55	1,1	3,6	
30 „	0,67	1,1	3,6	

für gewöhnliche Bohrer aber:

Lochtiefe.	Lochweite in Mill. 3	5,5	7,5	
5 Mill.	1,2	1,5	1,9	hartes Eisen. Seifenwasser.
15 „	2,4	3,5	2,3	
25 „	—	5,0	8,0	
5 „	—	1,0	1,08	graues Eisen. trocken.
15 „	—	1,0	1,08	
25 „	—	1,0	1,08	

Dinse, über die Verwendung des überhitzten Dampfes. — (Fortsetzung der im vor. Bande begonnenen Abhandlung, siehe S. 53 d. Bl.) Hirn hat im J. 1856 an einer 112pferdigen Woolf'schen Maschine mit Dampfmantel und an einer 10pferdigen Maschine ohne Mantel Versuche hierüber angestellt. Bei letzterer Maschine ergab die Anwendung des um 91° überhitzten Dampfes bei 2,5facher Expansion 36, bei 3,4facher Expansion 52 Proc. Ersparniß an Kohlen, bei der Woolf'schen Maschine und 4,3facher Expansion aber nur 27,5 Proc. Ersparniß. Auf Seeschiffen wurden mittelst überhitzten Dampfes 21 bis 34 Proc. Ersparniß an Brennmaterial realisirt und nach Bourne sind diese Resultate ebenso günstig, als bei gemischtem Dampfe, wenn die Temperatur des überhitzten Dampfes 177° C. nicht überschreitet. Wethered rühmte im J. 1860 als Vortheile des Arbeitens mit gemischtem Dampfe eine Brennmaterialersparniß von 30 bis 50%, eine Speisewasserersparniß von $^1/_3$, Raumersparniß von $^1/_3$ bei den Kohleuräumen, Einspritzwasserersparniß von $^1/_3$, Anwendbarkeit kleinerer Kessel u. s. w. und seitdem ist mehr als der dritte Theil der englischen Seedampfer mit Ueberhitzungsapparaten versehen worden. Auch in Frankreich hat man diese Verbesserung in verschiedener Weise versucht, in Deutschland blieb man dagegen bis auf die neueste Zeit ziemlich gleichgültig. Im J. 1860 nahm Fürchtenicht ein Patent auf einen Ueberhitzer, welcher am untern Ende des Schornsteins angebracht wird, und nach Versuchen auf dem Dampfschiff Misdroy 15 bis 20% Kohlenersparniß giebt. Bei stationären Kesseln giebt man bis zu 0,492 Quadr.-Meter Heizfläche pro Pferdekraft. Auch Jacobi aus Hettstädt berichtet über einen Ueberhitzer (oder eigentlich Dampftrockner), welcher 18% Ersparniß gewährte. Martin aus Torento in Canada hat selbst für Locomotiven einen solchen Apparat construirt.

Feuerfester Kitt. — Zwei Theile sehr feingesiebter Eisenfeilspäne und 1 Th. scharfgetrockneten und gepulverten Lehmes werden mit scharfem Essig zu einer gleichförmig plastischen Masse zusammengeknetet, welche schnell erhärtet und sich sehr gut bewährt. Dieser Kitt muß stets frisch bereitet werden, dagegen hält sich der Diamantkitt, welcher aus 16 Thln. Leinölfirniß, 16 Thln. Bleiglätte, 15 Thln. Schlämmkreide und 50 Thln. präp. Graphits besteht, längere Zeit in plastischem Zustande.

Das neue französische Dampfkesselgesetz. —

Harrison's gußeiserner Dampfkessel — soll sich nicht bewähren, da sich in den Kugeln Kesselstein ansetzt und dieselben dann bald reißen.

Wandlager für leichte Transmissionswellen. — Das eigentliche Lager sitzt auf einer angegossenen starken Schraube, deren Mutter in dem Lagerstuhl durch Stellschrauben verschiebbar ist, während nach der gehörigen Einstellung über und unter dem Lagerstuhle Muttern angezogen werden.

Kolbenliederung und Stopfbüchsenpackung aus Papier. — Brinkmann und Wackroitz in Amsterdam empfehlen Papierstreifen, welche in kochendem Wasser aufgeweicht sind. Sie werden ohne alle Schmiere eingelegt.

Daelen, verbesserte Construction der Walzencaliber für Façoneisen. — Bei dieser ohne Zeichnung nicht weiter zu erklärenden Construction der Caliber kann die Breite sowohl bei gleichschenkeligem als ungleichschenkeligem Eisen variiren. Für Rinnen- und U-Eisen ist die Ausführung mit viel geringeren Schwierigkeiten verbunden, als bei der seitherigen Construction.

Müller, über Umsteuerungen, besonders für Schiffsmaschinen. — Da die oscillirenden Maschinen nur sehr kurze Excenterstangen bekommen, was die Anwendung der gewöhnlichen Coulissensteuerungen erschwert, so wendet man gewöhnlich noch Handsteuerung an, was indessen gar nicht unbedenklich ist, weil in dem Falle, wo beide Kurbeln einen gleichen Winkel mit der Verticalen bilden und die Schieber stark voreilen, die Maschine leicht in verkehrter Weise gesteuert werden kann. Ueberdies läßt sich bei Handsteuerung der Füllungsgrad nicht ändern, ohne eine besondere Expansionsvorrichtung, welche nicht leicht gut anzubringen ist. Der Herr Verfasser empfiehlt daher sehr die im Jahrg. 1862 und 1866 der Zeitsch. des österr. Ing.-Vereins beschriebene Fink'sche Steuerung, wovon eine Anwendung in Zeichnungen vorgeführt und discutirt wird. Auch einige andere Umsteuerungen werden mitgetheilt.

Nowack, Bau von Schornsteinen ohne Gerüst. — Der Schornstein wird bis zu 0,6 bis 1 Meter über dem Sockel in der gewöhnlichen Weise aufgeführt, dann wird noch an zwei gegenüberstehenden Punkten des Schornsteins die Aufmauerung auf 6 bis 8 Steinschichten in einer Breite fortgesetzt, um eine Unterlage für ein die Schornsteinwände zu beiden Seiten um 1 Meter überragendes, 0,2 Meter starkes Holz zu gewinnen, an welchem die Rolle zum Aufziehen der Baumaterialien befestigt werden soll. Auf die fertige Gleiche des Schornsteins werden zwei kurze Riegel, welche 0,08 bis 0,1 Meter aufliegen, als Rüstung aufgelegt, und in der Einsteigöffnung eine Rolle, vor derselben aber eine Winde aufgestellt. Die beiden Maurer füllen dann zunächst den Raum zwischen den beiden die Rolle tragenden Pfeilern mit Mauerwerk, verstreichen die Fugen innen und außen gut und führen dann wieder solche Pfeiler von 6 bis 8 Schichten auf, worauf sie zweckmäßigerweise ihren Stand wechseln.

Dampfhammer von Nillus. — Derselbe ist im Verhältniß zum Hube nicht sehr hoch, bietet genügenden Raum zwischen Ambos und Gestell, besitzt eine vorzügliche Führung für den Hammer und gestattet die Anwendung eines Luftpolsters im Cylinder. Seine Construction weicht im Wesentlichen nicht sehr von der Nasmyth'schen ab, aber das Fallgewicht umschließt als Hohlcylinder den Dampfcylinder und die Kolbenstange, wodurch die Bärhöhe reducirt wird.

Schnelldampfhämmer von G. Brinkmann & Co. in Hagen. — Bei diesen 1 bis 10 Ctr. schweren Hämmern, welche mit 200 bis 500 und mehr Hüben pro Minute arbeiten, erfolgt die Steuerung von selbst.

Schmitt, Notizen über die Hafenwerke Cherbourg's. — Cherbourg ist für einen Hafen durchaus nicht günstig gelegen, weshalb gerade die hier mit Hilfe mehrerer Zeichnungen beschriebenen Anlagen ein besonderes Interesse erhalten.

Dagner, Schleifvorrichtung für Blech- und Polirwalzen. — Die aus einer Composition von $^1/_3$ Zink und $^2/_3$ Zinn, welche auf einen durchlöcherten gußeisernen Kranz aufgegossen ist, bestehende Schleifrolle liegt zwischen zwei auf die Supportplatte der Egalisirdrehbank aufgeschraubten soliden Ständern und auf ihrer Axe steckt eine hölzerne Scheibe, welche von einer über der zu schleifenden Walze gelagerten

leichten Trommel aus getrieben wird. Man läßt die zu schleifende Walze bei 590 Mill. Durchmesser $2\frac{1}{4}$ bis $2\frac{1}{2}$ Umdrehungen, die Schleifrolle aber 300 bis 350 Umdrehungen pro Minute machen und Letztere durch die Leitspindel entsprechend zur Seite verschieben, wobei in 3 bis 4 Schichten eine 2 Meter lange Walze sauber abgeschliffen und polirt wird.

Cudell, Theorie des Schwungkugelregulators. — Bei dieser Theorie ist nicht wie gewöhnlich Gleichheit des Winkels zwischen der Spindelaxe und Kugelstange und dem Winkel zwischen der Spindelaxe und Hülsenstange vorausgesetzt, sondern eine andere Beziehung zwischen denselben angenommen, was auf interessante Resultate führt.

Cazin, über die Expansion gesättigter Dämpfe. — Cazin stellte mit einem 60 Cent. langen, 12 Cent. weiten kupfernen, an beiden Enden mit Plangläsern geschlossenen Cylinder, welcher in einem Oelbade zu einer bestimmten Temperatur gebracht werden konnte, in der Art Versuche an, daß er in den leer gepumpten Cylinder etwas Flüssigkeit einbrachte, bis durch einen leichten Thau an den Glasscheiben die Sättigung des sich bildenden Dampfes kenntlich wurde, hierauf aber diesen Cylinder mit einem Reservoir in Communication setzte, in welchem kalte Luft von niedriger Pressung enthalten war. Aetherdampf condensirte sich hierbei nicht; Wasserdampf immer.

Verhalten der Bessemerstahlschienen. — Vergleichende Proben zwischen solchen und gewöhnlichen eisernen Schienen zeigten, daß 1,9 Meter lange Eisenschienen schon bei 7348 Pfd. Belastung in der Mitte eine bleibende Durchbiegung von 26 Mill. behielten, während Bessemerstahlschienen erst bei 7806 Pfd. eine bleibende Durchbiegung von 2 Mill. zeigten. Auch bewies letzteres Metall eine dem Gußstahl nahe kommende Widerstandsfähigkeit bei den Bruchproben. v. Burgl's Versuche über die absolute Festigkeit zeigten 10168 bis 16786 Zollpfund Festigkeit pro Quadr.-Centimeter, während Krupp'scher Gußstahl 10330 und Stahlblech von Mayr in Leoben 12734 Zollpfd., Eisen aber nur 7424 Zollpfd. Festigkeit besaß. Auch nach den Versuchen von Stuckenholz betrug die Festigkeit des Stahlbleches 11530 bis 12570, des Bessemerstahles 13080 bis 16810, des Eisenbleches 7122 Zollpfd. pro Quadr.-Cent. Nach englischen Versuchen verhält sich die Festigkeit des besten Yorkshirebleches zu derjenigen des weichen Bessemereisenbleches und des weichen Bessemerstahlbleches wie 8378 : 9600 : 15470 Zollpfd. pro Quadratcentimeter.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins. XVIII. Jahrgang, 1866, Heft 1—4.

Die Mont-Cenis-Eisenbahn. — Dieser Artikel bringt nicht wesentlich Neues über diese in d. Bl. schon mehrfach besprochene provisorische Eisenbahn, ist aber von Zeichnungen der Bahn und der Locomotiven begleitet. Als Resultat der Versuche sieht der Berichterstatter die Beruhigung über die Ausführbarkeit und Brauchbarkeit des neuen Systems an, hält es aber kaum für rentabel und noch weniger für nachahmenswerth.

Rebhann, über die Gewichte und Festigkeit der Drasche'schen Ziegel. — Nach Versuchen im J. 1862 betrug die relative Festigkeit der Ziegel aus renommirten Fabriken der Wiener Umgegend 3,83 bis 3,89 Ctr., nach den neuen Versuchen ist aber diejenige der Drasche'schen Ziegeleien durchschnittlich zu 5,88 Ctr. pro Quadratzoll einzusetzen bei einem absol. Gewicht von 86,4 Pfd. pro Cubikfuß oder dem specif. Gewicht 1,53. Noch höhere Bruchcoefficienten geben die Maschinenziegel und Hohlziegel. Hohlziegel von 5, 2,42 und 11 Zoll Seitenlänge mit 2 Hohlungen wogen 6,2 Pfd. pro Stück und gaben den Bruchcoefficienten $k = 7{,}37$ Ctr. pro Quadratzoll, solche mit 3 Hohlungen wogen 4,76 Pfd. und gaben $k = 8{,}16$ Ctr., endlich solche mit 12 Hohlungen wogen 4,21 Pfd. und gaben $k = 10{,}66$ Ctr., wenn k aus der freien Länge l, Breite b, Stärke d und der leeren Ziegelbreite und Dicke b_1 und d_1 nach der Formel

$$k = \frac{3 l d R}{2 (b d^3 - b_1 d_1^3)}$$

berechnet wird. Für die rückwirkende Festigkeit erhielt Rebhann bei gewöhnlichen Mauer- und Gewölbziegeln 19,33 bis 22,07 Ctr.

Winiwarter, über Stubenöfen. — Für die Heizkraft eines Ofens ist seine Heizfläche maaßgebend, große Oberfläche ist aber andrerseits wieder Ursache eines geschwinderen Auskühlens, und je bessere Wärmeleiter die Ofenwände sind, um so rascher müssen sich Luftfeuchtigkeit und Rauch daran condensiren. Blechöfen werden also auch mehr Uebelstände zeigen als Kachelöfen. Der Herr Verfasser empfiehlt, das Feuer über dem Roste erst so hoch als möglich vertical aufsteigen zu lassen, dann aber den Rauch in verticalen Zügen so tief als möglich nach abwärts zu führen, ehe man ihn austreten läßt. Will man auch die Luftschicht am Boden erwärmen, so muß man um den Ofen einen oben offenen Mantel bauen, in welchem unmittelbar am Boden Luftöffnungen angebracht sind.

Prokesch, Vortheile der stählernen Eisenbahnschienen. — Nach den bei der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn gemachten Erfahrungen zeigten sich stählerne Wechsel so vortheilhaft, daß man auch stählerne Schienen anzuwenden beschloß, wovon im J. 1865 bereits $7\frac{1}{4}$ Meilen gelegt waren. Seit 1861 ist bei den Wechseln die Materialabnutzung von 17 auf 4,6 Procent und der Kostenaufwand von 11,1 auf 3,1 Procent gefallen.

Langer, über das Geradkettenhängwerk von Ordish-Lefeuvre für die dritte Prager Moldaubrücke. — Bereits im J. 1825 ging eine derartige Hängebrücke, diejenige zu Nienburg in Baiern, drei Monate nach der Probe zu Grunde. Boudrot hält dieses System nur für kleine Spannungen anwendbar, weil dann der Umstand, daß jeder Balken durch zwei geneigte, ungleich lange Hängestangen getragen wird, minder fühlbar wird. Fink verurtheilt dasselbe des großen Materialaufwandes, des ungünstigen Einflusses theilweiser Belastungen und fehlerhafter Detailconstructionen, des höhern Aufwandes und des ungefälligen Aussehens wegen. Rebhann bezweifelt die Ausführbarkeit wegen des überwiegenden Einflusses der Temperaturschwankungen. Aehnlich spricht sich Langer über die Wissenschaftlichkeit und Oekonomie des Systemes aus.

Pontzen, über das Gewicht von eisernen Gitterbrücken. — Aus einer von Collignon gegebenen Formel bildet Herr Pontzen durch Einführung gewisser Coefficienten die einfache Formel $P = \frac{28 l + 600}{1 - 0{,}005 l}$, welche das Gewicht

pro laufendes Meter und ein Geleis bei der Spannweite 1 in Kilogrammen giebt und mit den Resultaten ausgeführter Brücken von 15 bis 61 Meter Spannweite gut stimmt.

Schmidt, die Coulissensteuerungen. — Eine sehr lesenswerthe Darstellung dieses Gegenstandes, welche dadurch, daß der Herr Verfasser keine ganz streng mathematische Lösung anstrebt, etwas leichter verständlich wird, als Zeuner's berühmtes Werk über die Schiebersteuerungen.

Kreuth, Dampfbarcasse nach dem Zwillingspropellersystem. — Zeichnung und Beschreibung eines zur k. k. Kriegsmarine gehörigen Dampfgroßbootes mit zwei Schrauben.

Pressel, Thalsperren zur Vereinfachung von Gebirgsbahnen. — Für den Bau von Gebirgsbahnen hat v. Etzel sehr vorzügliche Vorschriften gegeben, indem er den Bahnkörper aus der in den Einschnitten gewonnenen Masse in der einfachsten Weise herstellt, Kunstbauten (Mauern, Viaducte, Brücken) nur spärlich anwendet und dafür lieber Tunnel herstellt, überhaupt durchaus die billigsten Constructionen (bei gleich großer Sicherheit und Solidität) wählt. Der Herr Verfasser schlägt nun noch ein anderes Hilfsmittel zur Erleichterung des Bahnbaues in engen Schluchten mit stark geneigten Gehängen vor, welches darin besteht, daß man durch Thalsperren die Thalsohle heben soll, um mehr Weite und somit Platz zu Aufschüttung eines Bahndammes zu gewinnen.

Stadler, über die Wirkung des Pulvers beim Sprengen. — Es wird erörtert, daß bei der Sprengwirkung von einem Stoß nicht die Rede ist, sondern blos von dem Druck der Gase, und die mögliche Leistung eines Pfundes Sprengpulver berechnet, sodann aber auch dargethan, daß das Hohlladen jederzeit die Wirkung wesentlich schwächt.

Das Wiener Wasserversorgungsproject. — Ausführliche Discussion dieses Projectes in den Monatsversammlungen des Vereines, welche nicht blos von localem Interesse ist.

Schramm und Illek, über die Wirksamkeit der gewöhnlichen Sicherheitsventile. — Der durch das Sicherheitsventil austretende Dampf füllt nach Annahme des Verfassers den Querschnitt des Ventilsitzes nicht aus, sondern erfährt darin eine Contraction, woraus dann abgeleitet wird, daß die auf die untere Ventilfläche wirkenden Spannungen von der Mitte nach dem Umfange hin abnehmen, und daß die Spannung in der Mitte kleiner als im Kessel ist. Es wird dann weiter nachgewiesen, daß ein Sicherheitsventil die Hubhöhe bis zu $\frac{1}{4}$ des Durchmessers niemals erreichen kann, und daß die Kesselspannung keinen großen Einfluß auf die Hubhöhe hat.

Jünemann, über Holzconservirung. — Hölzer, welche nach Boucherie's Methode, oder nach Payne mit sich gegenseitig zersetzenden Salzen, oder nach Bréant mit öligen und harzigen Stoffen, oder nach Cyan mit Quecksilberchloridlösung, oder nach Burnett mit Chlorzinklösung imprägnirt waren, haben schon in 5 bis 6 Monaten in fließendem Wasser fast jede Spur der Salze verloren, und werden auch in feuchter Erde bald an der Außenseite ausgelaugt; dagegen hat sich die dem Verfasser patentirte Methode gut bewährt und sie soll dabei die Härte des Holzes erhöhen, seiner Elasticität nicht schaden, gegen Werfen und Schwamm, sowie Insecten schützen und die hygroskopische Eigenschaft benehmen.

Fischer, über Compositions-Kolbenringe. — Da die Kolbenringe von Rothguß bei der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn blos 1200 bis 1500 Meilen ausdauern, was einen jährlichen Aufwand von ca. 3400 Fl. verursacht, so versuchte man die bis auf 4 Linien Stärke abgenutzten Kolbenringe mit einer Composition zu umgießen, welche aus 60% Blei, 20% Zinn und 20% Antimon besteht. Ein solcher Ring war nach Durchlaufung von 1251 Meilen nur um 3 Pfund leichter geworden, dürfte also eine Dauer von 8000 Meilen haben und kostet nur 10 Fl. 72 Kr. an Material. Diese Ringe erfordern kein Nachspannen, machen die Cylinder spiegelglatt und laufen sich (ohne bessere Schmierung) nie warm.

Pressel, die Krümmungsverhältnisse einiger Linien des Netzes der österr. Südbahngesellschaft. — Tabelle über diesen Gegenstand, in welcher die Länge sämmtlicher Geraden und Curven, die Summe aller Centriwinkel, der Minimal-Radius und der mittlere Radius der Curven und der ganzen Linie angegeben ist. Hierunter versteht der Herr Verfasser diejenigen Radien, welche man erhält, wenn man die Totallänge aller Curven oder der ganzen Bahnstrecke mit der Summe aller Centriwinkel dividirt.

Bender, über die Benutzung des Gegendampfes zum Bremsen. — Lechatelier hatte zur Vermeidung des Einsaugens von Rauch beim Reversiren vorgeschlagen, ein besonderes Dampfrohr vom Kessel nach dem Fuße des Ausströmungsrohres der Cylinder zu leiten, was in der Art versucht wurde, daß man den Regulator schloß und die Dampfrohre mit Hähnen versah, welche beim Reversiren geöffnet wurden. Man fand bald, daß die Hähne wegfallen konnten, wenn man den Regulator offen ließ, daß aber durch die Compression des eingesaugten Dampfes eine schädliche Hitze entstand, weshalb Ricour etwas Wasser in das Dampfrohr leitete. So ausgerüstet führt eine Locomotive der spanischen Nordbahn die Züge auf dem ca. 13 Meilen langen Gefälle von 1 : 128 zwischen La Canada und Madrid ohne irgend eine Bremse abwärts. Es geht dabei kein Maschinentheil wärmer, als beim Vorwärtsfahren und die ganze Vorrichtung kostet nur 50 Francs.

Haswell, Fallproben mit Axen aus Neuberger Bessemerstahl. — Eine 2,08 Meter lange, auf 1,211 Meter freiliegende Axe aus Neuberger Bessemerstahl Nr. 7 wurde bei 0° R. Temperatur einem Fallklotze von 1230 Zollpfund Gewicht ausgesetzt und dabei folgende Einbiegung beobachtet:

Fallhöhe	1,897	3,794	5,691	7,588	9,485	11,382	Met.
Einbiegung	1	10	25	42	45	92	Mill.
Differenz	9	15	17	23	27	24,5	Mill.

Fallhöhe	11,382	11,382	11,382	11,382	Met.
Einbiegung	118,5	144	169	194,5	Mill.
Differenz		25,5	25	25,5	Mill.

Bei einer andern derartigen Axe wurden die beiden Enden ganz zusammengebogen, ohne daß ein Riß entstand.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem zwölften Bande des

Civilingenieur.

№ 7.

Literatur.

Useful Rules and Tables, relating to mensuration, engineering, structures and machines. By William John Macquorn Rankine, Civil-engineer; L. L. D.; F. R. SS. Lond. and Edin.; F. R. SS. A.; regius Professor of Civil Engineering and Mechanics in the university of Glasgow; associate member of Council of the Institute of Naval Architects; past-president of the Institution of Engineers of Scotland etc. etc. London: Charles Griffin and Company, Stationers' Hall Court. 1866. (Leipzig bei F. A. Brockhaus.)

Bekanntlich ist der Verfasser des vorliegenden Werkes gegenwärtig der ausgezeichnetste Schriftsteller Englands im Gebiete der Ingenieur-Wissenschaften und es verdient daher dieses neueste seiner Werke jedenfalls auch die Beachtung des deutschen wissenschaftlichen Publikums, obwohl es unserer Literatur durchaus nicht an mindestens ebenso guten und für die deutschen Verhältnisse specieller berechneten Sammlungen von Formeln und Tabellen fehlt. Jedenfalls zeichnet sich dasselbe vor ähnlichen englischen Sammlungen durch logische Anordnung, vorzügliche Auswahl, Richtigkeit und Deutlichkeit der gegebenen Regeln, Correctheit und vorzüglichen Druck der Tabellen, überhaupt durch Wissenschaftlichkeit und Gediegenheit der Auffassung auf das Rühmlichste aus, sodaß es solchen Maschinenbauanstalten und Ingenieurs, welche sich gewöhnt haben, nach englischem Maaße zu construiren, auf das Wärmste empfohlen werden kann. Der erste Theil enthält Tafeln der Quadrate, Cuben, Logarithmen, Quadrat- und Cubikwurzeln, Reciproken, Primzahlen, Kreisumfänge und Inhalte, trigonometrischen Functionen u. s. w. nebst Gebrauchsanweisungen und den wichtigsten Formeln der Planimetrie und Stereometrie. Der zweite Theil handelt von den Maaßen und Gewichten und den Einheiten von Geschwindigkeit, Druck, Kraft, Arbeit, Wärme u. s. w. Der dritte Theil betrifft die Geodäsie, incl. Curvenabstecken und Ermittelung von Erdarbeiten, der vierte das specifische Gewicht, Schwerpunkt, Trägheitsmomente u. dergl., der fünfte die Stabilität, Erddruck, Statik der Bauwerke u. s. w., der sechste die Festigkeit, der siebente Regeln aus der Mechanik über Zahnräder, Riemengetriebe, Reibung, Elemente der Maschinen, Leistung von animalischen Kräften, der achte die Hydraulik und die hydraulischen Motoren, die Windmühlen und die Schifffahrt, der neunte Theil endlich die Wärme, die Dämpfe und die Dampfmaschinen, Feuerungen u. dergl. Von der Behandlung des Stoffes haben wir auf S. 219 flgde. des Hauptblattes einige Proben mitgetheilt, welche genügen werden, um die originelle Auffassung des Herrn Verfassers darzuthun.

Das Telegraphen- und Signalwesen der Eisenbahnen. Geschichte und Technik desselben von M. M. Freih. von Weber, Ingenieur, Königl. Sächs. Finanzrath und Staats-Eisenbahn-Director u. s. w. u. s. w. Mit einer lithographirten Tafel. Weimar, 1867. Bernhard Friedrich Voigt.

In einer Zeit, welche auf das Schlagendste dargethan hat, wie sehr noch eine einheitliche Leitung und vollkommene Uebereinstimmung der hauptsächlichsten Einrichtungen bei den großen Verkehrsanstalten Deutschlands fehlt und wünschenswerth ist, muß das vorliegende elegant und geistreich geschriebene Werk ein ganz besonderes Interesse erregen, da es sich die Aufgabe gestellt hat, die Mängel des so unendlich wichtigen Eisenbahn-Signalwesens aufzudecken und auf Grund eines gründlichen Studiums der historischen Entwickelung desselben Vorschläge zur Vereinfachung und Verbesserung abzuleiten. Der Herr Verfasser verfolgt dabei einen ziemlich mühsamen, aber jedenfalls möglichst sichern Weg, indem er aus nahe hundert deutschen Signalbüchern nachweist, welche von den bestehenden (nahe 700) Eisenbahnsignalen als wichtig und zur allgemeinen Einführung geeignet, welche dagegen als entbehrlich und daher verwerflich anzusehen sind. Der reiche Inhalt dieses Werkes ist in drei Abschnitte getheilt, indem der erste Abschnitt einen historischen Ueberblick über die Entstehung und Ausbildung der Telegraphie, der zweite eine ausführliche Geschichte des Eisenbahn-Signal- und Telegraphenwesens, der dritte endlich eine sehr eingehende Darlegung des dermaligen Zustandes desselben giebt. Der letzte Abschnitt schließt mit Aufzählung der Grundsätze, welche für die Fortentwickelung des Eisenbahn-Telegraphen- und Signalwesens aus dem Bestehenden herzuleiten sind, und mit dem Entwurf zu einer allgemeinen Signalordnung für die deutschen Eisenbahnen, bei welcher der Herr Verfasser hauptsächlich das Princip des englischen Signalsystems mit Blocksignalen zu Grunde gelegt hat und auf möglichste Einschränkung der verantwortlichen Personen, so wie auf thunlichste Vereinfachung der Signale und Deutlichkeit der Signalbücher besondere Rücksicht nimmt. Eine sehr interessante Beigabe ist die lithographirte Tafel, welche leicht übersichtlich nachweist, welche Signalbegriffe auf 54 deutschen Eisenbahnen eingeführt sind, und von welchen Bahnen sie angewendet werden, also gewissermaaßen die Abstimmung dieser Bahnen über die Wichtigkeit jedes der 58 Signalbegriffe vor Augen führt. In Jedem, der dieses interessante Werk in die Hand nimmt, wird nach dem Studium desselben der Wunsch nach Einheit im Telegraphen- und

Signalwesen in verstärktem Maaße erwachen; hoffen wir, daß er bald erfüllt werden möge, ebenso wie auf politischem Gebiete dazu jetzt ein Schritt vorwärts gethan worden ist.

Handwörterbuch der Technischen Chemie für Fabrikanten, Gewerbtreibende, Künstler, Droguisten u. s. w. Herausgegeben von Dr. Rud. Böttger, Docenten der Chemie beim physikalischen Verein in Frankfurt a. M. und Herausgeber des polytechnischen Notizblattes, und Dr. N. Gräger, Herausgeber von Boussingault, „die Landwirthschaft," Verfasser der „fabrikmäßigen Darstellung chemischer Producte" und der „Maaßanalyse." Weimar 1867. Bernhard Friedrich Voigt.

Obwohl der „Civilingenieur" programmmäßig alle Artikel chemischen Inhalts vermeidet, so ist die Redaction desselben doch keineswegs darüber im Unklaren, daß jetzt kein Civilingenieur mehr ohne chemische Kenntnisse bestehen kann. Bei der ungeheuren Ausdehnung der technischen Chemie vermag der Ingenieur aber, wenn er dieselbe nicht gerade zu seinem Berufe gewählt hat, ebensowenig in dieser Wissenschaft überall heimisch zu bleiben, und daher sind Handwörterbücher, wie das vorliegende, ein unabweisliches Bedürfniß der Gegenwart geworden. Die Herren Verfasser, welche bereits durch andere literarische Arbeiten rühmlichst bekannt sind, waren besonders geeignet zur Abfassung eines derartigen Wörterbuches und wir glauben, daß dasselbe bezüglich der Vollständigkeit trotz seines geringen Umfanges, bezüglich der Klarheit bei möglichster Kürze im Ausdruck und bezüglich der Zuverlässigkeit Nichts zu wünschen übrig läßt. Ein besonderer Vorzug desselben besteht noch darin, daß es bereits fertig vorliegt und nicht erst lieferungsweise in die Hände der Abnehmer gelangt. Die Ausstattung ist trotz des sehr compressen Druckes eine vorzügliche zu nennen und das Nachschlagen dadurch sehr wesentlich erleichtert, daß die Synonymen, sowie die französischen und englischen Bezeichnungen beigefügt sind.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins. XVIII. Jahrgang, 1866, Heft 1—4. (Schluß.)

Jolly's selbstthätiger Speiseregulator — besteht aus einem Regulirventil im Speiserohre, welches durch einen kleinen Dampfkolben geöffnet oder geschlossen wird, je nachdem vermittelst einer durch den Schwimmer bewegten Schiebersteuerung Dampf über oder unter den Kolben tritt.

Lewin, neue Auflösung des Pothenot'schen Problemes. — In Ermangelung von Figuren können wir hier über dieses interessante Verfahren nichts Näheres mittheilen.

Szumrak, Traßcemente und Mörtelproben aus Ungarn. — Notizen von nicht geringem localen Werthe.

Schmid, Wassermessungsapparat. — Derselbe besteht aus einem durch eine Wand in zwei Abtheilungen von je 7,11 Cubikmeter Inhalt getheilten Kasten, auf welchem das Zuflußgerinne steht, das mit zwei durch einen Balancier untereinander verbundenen Schützen versehen ist. Auch jede Abtheilung des Meßkastens hat eine Schütze von einer solchen Größe, daß sich jede Kastenhälfte in halb soviel Zeit leert, als füllt. Das Verfahren beim Messen ist nun folgendes: Man läßt durch eine der Schützen am Zuflußgerinne eine Kastenabtheilung füllen und stößt, sobald sie voll ist, die betreffende Schütze zu, wobei sich die Schütze für die andere Kastenabtheilung öffnet und Letztere sich zu füllen beginnt. Inzwischen läßt man die erst gefüllte Abtheilung durch Oeffnen der darin befindlichen Schütze sich entleeren, um sie zur nochmaligen Füllung bereit zu haben u. s. w.

Kleeblatt, das Paulus'sche Oberbausystem mit Lang- und Querschwellen aus alten Schienen. — Die Schienenstränge werden durch zwei mit ihrer breiten Basis gegeneinander gekehrte alte Schienen gebildet und diese fassen die eigentliche Laufschiene, welche blos T förmig ist, zwischen sich, sind aber überdies durch eine mit dem Schienenfuße nach oben gekehrte alte Schiene als Querschwelle unter sich verbunden. Die Vergleichung mit den sonstigen neueren Projecten zu eisernem Oberbau ergiebt Folgendes:

	Gewicht pro lauf. Fuß.	Kosten pro Meile.
Hannover'sche Construction	98,00 Zollpfd.	192000 Fl.
Scheffler'sche „	94,83 „	185520 „
Hilf'sche „	88,51 „	173520 „
Köstlin & Battig'sche Constr.	71,74 „	140754 „
Paulus'sche „	127,14 „	130264 „

Hierbei sind die alten Schienen mit 22,7 Zollpfd. Gewicht pro lauf. Fuß und zum Preise von 3,57 Fl. pro Zoll-Ctr. angesetzt, und keine Transportkosten berechnet. Die Auflagefläche beträgt für eine 21 füßige Schienenlänge 38,4 Qu.-Fuß (bei Holzschwellen 43,5 Qu.-Fuß), was bei Langschwellen genügen dürfte.

Wettstein, Stationsdeckungssignale. — Um den Zügen das Einfahren in eine Station zu verbieten, bedient man sich oft optischer Telegraphen in 500 Meter Abstand von der Station, welche durch einen Drahtzug gestellt werden. Soll aber der Beamte die vollständige Ueberzeugung haben, daß das Signal richtig steht, so muß man damit eine Art elektrischen Weckers verbinden, welcher ein Läutewerk in Bewegung setzt, sobald die Scheibe des Telegraphen in die Haltestellung gedreht wird. Damit man ferner bei Nacht die Gewißheit hat, daß das Lichtsignal richtig leuchtet, muß man die Stromleitung bis zum nächsten Bahnwächter fortführen und dort ein Läutewerk anbringen, wodurch dieser in Stand gesetzt wird, dem Zuge das Haltesignal zu geben. Zur Controle, ob der Wächter auch an seinem Posten ist, kann man noch eine Einrichtung anbringen, durch welche der Wächter bei gestellter Scheibe in Stand gesetzt wird, den Strom total zu unterbrechen.

Allgemeine Bauzeitung. XXXI. Jahrg. 1866, Heft 1—6.

Die neue Krankenanstalt Rudolf-Stiftung in Wien. — Ein mit einem Totalaufwande von mehr als $2^1/_2$ Millionen Gulden ausgeführtes und vorzüglich einge-

richtetes Krankenhaus mit 30 Krankensälen à 18 bis 27 Betten und verschiedenen Separatzimmern.

Ueber die Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen. — Beobachtungen über die Geschwindigkeitsabnahme in verschiedenen Höhen ein und desselben Perpendikels. Dieselben sind mit der Pitot'schen Röhre theils in einem gut gereinigten Graben, theils in einem 30 Fuß breiten Canale, theils in einem 6 bis 7 Ruthen breiten Flusse ausgeführt und zeigen, daß die Lahmeyer'sche Formel zu große Bodengeschwindigkeiten giebt und die Geschwindigkeitsscala aus zwei Curven zusammengesetzt werden möchte, indem der Theil in der Nähe des Bodens eine von der Beschaffenheit des Letzteren abhängige abweichende Gestalt annimmt. Für Canäle und Gräben ist die Geschwindigkeit an der Sohle etwa $^1/_2$, für größere Flüsse $^1/_3$ und für kleinere Flüsse $^1/_4$ so groß als die Maximalgeschwindigkeit gefunden worden.

Schmidt, über die Bestimmung der äußeren, auf ein Brückensystem wirkenden Kräfte. — Wir entlehnen aus dieser ausführlichen Abhandlung, welche unter Anderem auch eine Uebersicht über 332 ausgeführte Brücken enthält, die Formel $Q = 30 . L + 550$, welche das Eigengewicht einer Eisenbahnbrücke von L Meter Spannweite in Kilogrammen pro Längeneinheit ausdrückt, deren Hauptträger nicht mit mehr als 8 Kilogr., und deren direct angegriffene Theile nur mit 6 Kilogr. in Anspruch genommen sind. Oberbau und Bedielung (400 bis 450 Kilogr. pro lauf. Meter) sind nicht mit inbegriffen. Bei continuirlichen Trägern kann man 20% weniger rechnen.

Gußeiserne Brücke von Collanot. — Bei dieser Brücke sind die Tragrippen aus gußeisernen Tafeln mit versetzten Wechseln zusammengesetzt, in der Art, wie die Radkränze hölzerner Wasserräder abgebunden werden.

Fluthautograph in Triest. — Am Ende des Molo Sartorio in Triest befindet sich ein Registrirapparat für die Fluthhöhen, bestehend aus einem Schwimmer, durch dessen über eine Rolle gelegte Kette ein Zahnrad bewegt wird, welches in eine horizontale und den Zeichenstift tragende Zahnstange eingreift und sie zur Seite schiebt, während ein Uhrwerk einen mit Papier überzogenen Cylinder, auf welchem der Zeichenstift schreibt, in 24 Stunden einmal um seine Axe dreht. Der Apparat verzeichnet somit Curven, aus denen der Verlauf der Fluth deutlich erkennbar ist. Alle 24 Stunden wird ein anders gefärbter Zeichenstift eingesteckt und aller 3 Tage der Cylinder mit dem Papier erneuert. Zur Abschwächung der Schwankungen steht der Apparat nur mittelst einer kupfernen Heberröhre mit dem Meere in Verbindung.

Hamel, über die Einführung der Dampfschifffahrt in Europa. — Eine ausführliche Geschichte der Dampfschifffahrt, deren Studium sehr zu empfehlen ist.

Boucherie's Methode der Conservirung der Hölzer. — Ausführliche Anleitung zur Imprägnirung der Hölzer nach dem bekannten Verfahren des Dr. Boucherie, entlehnt der Instruction, welche der Besitzer einer derartigen Imprägnationsanstalt seinen Werkführern ertheilt hat.

Ziegelöfen mit continuirlichem Betrieb von Angebault-Justeau, Hoffmann und Licht. — Die ersten Oefen dieser Art, im J. 1859 von Hoffmann und Licht in Stettin erbaut, hatten eine runde Form, neuerdings hat man mit Vortheil auch eine ovale Form angewendet. Das Princip dieser Oefen und ihr Erfolg ist in d. Bl. bereits mehrfach besprochen worden.

Tromp & Strootmann, eiserne Taucherglocke. — Der hier abgebildete Taucherapparat wurde zum Behuf von Wehrbauten am Porrong im holländischen Ostindien construirt und besteht aus einer eisernen Arbeitskammer mit einem bis über das Wasser reichenden Einsteigerohre in der Decke und einem sie umgebenden luftdichten Cylinder, welcher zur Beschwerung benutzt werden kann. Eine Luftpumpe führt der Arbeitskammer frische Luft zu und durch bequem angebrachte Hähne kann das Senken, Heben und der Ruhezustand der Glocke bewirkt werden. Das zugehörige Fahrzeug besteht ebenfalls aus Eisen und trägt eine kräftige Winde zur Versetzung der Glocke. Der gesammte Apparat hat 8590 Fl. gekostet.

Filoteau's doppeltwirkende Saug- und Druckpumpe. — An Stelle des beweglichen Kolbens zeigt diese Pumpe ein halbkreisförmig gebogenes bewegliches Kolbenrohr, welches durch den Pumpenschwengel hin- und hergeschoben wird und sich dabei über dem ebenfalls halbkreisförmig gebogenen Saugrohre verschiebt. Auf welche Weise die schwierige Ablieferung der krummen Rohre hergestellt werden soll, ist nicht angegeben.

Clement's Wassermeßapparat — beruht auf dem Princip der Pumpen ohne Kolben. Die von den als Kolben dienenden vier Lederscheiben bei jeder Umdrehung des Apparates frei gemachten Räume geben das Maaß für das Wasser und ein Zählapparat registrirt die Zahl der Umdrehungen, während der Wasserdruck selbst die Umdrehung bewirkt. Versuche sollen ergeben haben, daß dieser Apparat bei 3,84 bis 14 Meter Druckhöhe stets richtige Resultate anzeigen, keine erheblichen Druckhöhenverluste (nicht über $\frac{1}{60}$ Atmosphäre) verursachen und selbst bei tropfenweisem Wasserabfluß noch thätig bleiben soll.

Greffe & Montgolfier, Wasserversorgungsanlagen zu St. Etienne. — Für die genannte Stadt wird das Wasser des Flusses Furens mit Hilfe eines großen Sammelreservoirs in 12 bis 13 Kilometer Entfernung von St. Etienne aufgefangen und von da durch Rinnen aus Cement, Aquäducte und Röhren zugeführt. Das 2 Millionen Cubikmeter fassende Reservoir ist durch einen 120 Meter langen, 50 Meter hohen, an der Basis 42 Meter und oben 6 Meter breiten, in hydraulischem Mörtel gemauerten Damm gebildet und wird als ein sehr schönes Bauwerk gerühmt. Es fängt die Fluthwasser des Furens auf, während sich außerdem noch ein Netz von Drainirungscanälen über eine Fläche von 200 Hektaren erstreckt. Die Leitungscanäle, welche mindestens 1,2 Meter stark mit Boden bedeckt sind, haben 3 Mill. Gefälle pro Meter und 18 Kilometer Länge.

Ueber Bouquié's Kettenschleppschifffahrt auf Canälen. — Ueber dieses System der Schifffahrt ist in d. Bl. schon mehrfach referirt worden.

Livenday & Kowalski, Rollbrücke. — Nach der hier gegebenen, nicht genügend klaren, Beschreibung dieses Rollbrückensystems scheint dasselbe hauptsächlich die Eigenthümlichkeit zu besitzen, daß für die in der Längenaxe zurückgeschobene

Rollbrücke am Ufer dadurch Platz gemacht wird, daß sich vor der Brücke ein versenkbares Stück Brücke befindet, über welches die Rollbrücke hinweggrollt. Der freischwebende Theil der Letzteren besteht aus zwei an Ketten aufgehangenen Gitterträgern.

Martin, Brücke von El Kantara in Algerien. — Diese Brücke überspannt eine 120 Meter tiefe Schlucht mit fast senkrechten Wänden und der mittelste Bogen von 57,4 Met. Lichtweite ist eine auf starken steinernen Pfeilern ruhende gußeiserne Bogenbrücke. Da wegen der reißenden Gebirgswässer und heftigen Stürme eine gewöhnliche hölzerne Rüstung nicht möglich war, so bildete man durch vier aus Gliedern von 4,8 Cent. starken Rundeisen gefertigte Ketten ein Hängegerüst, welches mittelst hölzerner Böcke Widerstandsfähigkeit und Steifheit erhielt, und hing mittelst Hängeeisen eine hölzerne Bogenbrücke daran auf, welche als Rüstung für die definitive gußeiserne Bogenbrücke benutzt wurde.

Hängewerksystem von Lehaitre & Mondesir. — Für Dächer von großer Spannweite bestimmt. Ein Circus von 100 Meter Durchmesser soll z. B. in folgender Weise bedeckt werden. Rings um den innern Raum sind Galerien projectirt, auf welchen 32 eiserne Säulen stehen. Ueber Letztere sind 32 eiserne Tragseile hinweggelegt, welche am innern Ende an einem blechernen Ringe anfassen und äußerlich in dem Mauerwerk der Galerieen verankert sind. An diesen Seilen ist nun das Dach des Circus mit Hängeeisen aufgehangen, während der Blechring in der Mitte die Laterne des Daches trägt. Die Kosten werden mit 90 Francs pro Qu.-Meter berechnet. Dürfen im Innern des freien Raumes Säulen zum Tragen der Seile aufgestellt werden, so kann man die Hängeseile sich knotenartig überschneiden lassen und bekommt eine kreuzgewölbähnliche leichte Construction.

Schornstein in der Menier'schen Fabrik chemischer Producte zu St. Denis. — Ansicht und Details zu einem geschmackvollen 31½ Meter hohen und oben 1½ Meter weiten runden Fabrikschornstein.

Neue Dachziegelsorten von Humbert & Pansoly. — Etwas complicirte Modelle.

Die École des ponts et chaussées zu Paris. — Ausführliche Mittheilungen über die Organisation dieser Anstalt.

Zeitschrift des Architekten- u. Ingenieur-Vereines für das Königreich Hannover. Band XII, 1866, Heft 1—3.

Treuding, über die Wasserversorgung großer Städte. — Bei Ermittelung des Wasserbedarfes für eine Stadt ist zu beachten, daß sich erfahrungsmäßig der Wirthschaftswasserverbrauch jederzeit bedeutend erhöht hat, wenn das Wasser in die Wohnungen geleitet worden ist, und daß derselbe nicht blos nach den Jahres-, sondern auch nach den Tageszeiten sehr schwankt. Er ist in den Vormittagsstunden größer als Nachmittags und kann für Deutschland etwa zu 100 Litern pro Tag und Kopf angesetzt werden. Die gewöhnlichen Brunnen geben in großen Städten meist ungesundes Wasser, weil zuviel Ursachen zur Verunreinigung vorhanden sind. Artesische Brunnen sind noch immer sehr unsichere Unternehmungen, sowohl in Bezug auf die Kosten, als auch bezüglich der Quantität und Qualität des zu erbohrenden Wassers, auch nehmen sie mit der Zeit an Ergiebigkeit ab. Brunnen eignen sich also zur Versorgung großer Städte mit Wasser nicht, wogegen diejenigen Anlagen, wo Flußwasser mittelst Dampfmaschine gehoben und nach der Filtration in die Häuser vertheilt wird, sich zum mindesten durch ihre Zuverlässigkeit und Ausdehnbarkeit empfehlen. Flußwasser enthält aber immer viel organische und mineralische Stoffe eingemengt (z. B. die Elbe bei Dresden $\frac{1}{7936}$, bei Hamburg $\frac{1}{6000}$, die Themse bei London $\frac{1}{3145}$ Gewichtstheile u. s. w.), sodaß es namentlich unterhalb großer Städte gesundheitsschädlich wird, es kann daher nie ohne Filtration benutzt werden. Als Filtrirvorrichtung sind die sogenannten natürlichen Filter ihrer Unzuverlässigkeit wegen zu verwerfen, dagegen hochgelegene künstliche Filter, verbunden mit Ablagerungsbassins und Reinwasserreservoirs sehr zu empfehlen. Dieselben sollen den halben Wasserverbrauch eines Tages fassen und gewähren den Vortheil, daß die Maschinen ohne Rücksicht auf den wechselnden Verbrauch gleichförmig fortarbeiten können und bei Störungen im Maschinenbetrieb, sowie für Feuersbrünste ein genügender Wasservorrath vorhanden ist. Noch zweckmäßiger sind aber diejenigen Wasserversorgungsanlagen, bei denen Quellwasser aus größerer Entfernung in Röhren herbeigeleitet und dann aus Hochreservoirs in die Wohnungen vertheilt wird. Man rechnet, daß auf 100000 Einwohner ein Quellengebiet von $\frac{1}{6}$ bis 1 Quadratmeile erforderlich ist. Fließt das Wasser nicht in Röhren, sondern in Canälen, so bekommen diese $\frac{1}{3000}$ bis $\frac{1}{16000}$ Gefälle. Als Beispiel wird die Wasserversorgung von Paris und Wien etwas eingehender beschrieben. Aus einer Zusammenstellung über die Kosten von 10 derartigen Anlagen ergiebt sich endlich noch, daß dieselben 5,9 bis 34,9 Thlr. pro Kopf der Bevölkerung betragen.

Berg, eiserne Eisbrecher zu Bremen. — Diese 11,3 Meter langen, vorn 6,4, hinten 10,5 Meter hohen, im Grundriß vorn 1,22, hinten 1,675 Meter breiten Eisbrecher bestehen aus einem Senkkasten von Kesselblech, welcher mit abwechselnden Lagen von Beton und Kies ausgefüllt ist, und einem daraufgenieteten keilförmigen Obertheil, dessen halbkreisförmig abgerundeter Rücken 0,457 Meter breit und durch ein ⊥ Eisen zum Durchbrechen der Eisschollen verstärkt ist. Die Kosten dieser Ausführung betrugen 4923 Thlr.

Ueber Eissprengungen. — Instruction für das königl. hannoversche Ingenieur-Corps mit genauer Beschreibung der Munition und Werkzeuge.

Gehrich, die Cementfabrik zu Schlewecke bei Bockenem. — Zu Schlewecke findet sich ein guter Cementstein dicht unter der Oberfläche, welcher in faustgroße Stücke zerschlagen und dann in einem oben 2,58, unten 2,40 Meter weiten, 7,2 Meter hohen conischen Ofen mit 6 Ausziehlöchern gebrannt wird. Die Steine werden mit ⅛ Volumtheilen Kohle aufgegeben und der mit feuerfesten Ziegeln ausgefütterte Ofen liefert täglich 7,5 Cubikmeter fertig gebrannte Steine, welche in zwei Kollergängen mit 1,71 Meter hohen und 0,43 Meter breiten Steinen mit einem gegossenen Ringe bei 14 Umdrehungen pro Minute und 5 Pferden Betriebskraft fein ge-

mahlen werden. Nachdem hierauf das Mehl, wovon jeder Gang stündlich 0,3 Cubikmeter liefert, über ein Graupensieb gelaufen ist, wird es in einen Siebcylinder mit Gase von 16 Fäden pro Centimeter und 12 Umdrehungen pro Minute gehoben, aus welchem es in die Tonnen fällt. Letztere werden mittelst einer Daumenwelle in eine schüttelnde Bewegung gesetzt, damit sich der Cement darin festsetzt; übrigens werden dieselben in der Fabrik selbst erzeugt.

Meyer, die Hohnstorf-Lauenburger Elb-Trajectanstalt. — Da sich an dieser Localität das in Aegypten angewendete billige System von Trajectanstalten, bei dem das Schiff mit einer nach dem Wasserstande einzustellenden Plattform versehen ist, wegen der hier vorkommenden bedeutenden Niveaudifferenzen nicht anwenden ließ, während das System mit Hebethürmen, mittelst welcher die Wagen von der Bahn bis auf's Schiff hinabgelassen werden, der zum Transport von langen Gegenständen, z. B. Locomotiven, erforderlichen unförmlich großen Dimensionen halber zu kostspielig geworden sein würde, so nahm man hier das am Firth of Forth angewendete System mit geneigter Ebene und verschiebbarer Plattform an, obgleich sich auch dagegen wegen der damit verbundenen und für sechsrädrige Wagen unbequem erscheinenden schroffen Gefällwechsel Bedenken erhoben. Der Erfolg hat gezeigt, daß dieses System bei nur etwas geübtem Personal keine Schwierigkeiten bietet, das Aufziehen und Herablassen der Wagen vielmehr rasch und sicher von Statten geht, überdies ist es bedeutend billiger, als dasjenige mit Hebethürmen. Die Landungsanstalt zu Hohnstorf kostet nämlich 65466 Thlr., diejenige zu Lauenburg bedeutend weniger, die Fähranstalt 64372 Thlr. und die sämmtlichen Betriebskosten betragen jährlich (ohne Zinsen) 10865 Thlr. Unsere Quelle enthält außer der durch mehrere Holzschnitte und drei Blatt Zeichnungen unterstützten Beschreibung der fraglichen Trajectanstalt noch ein von den Herren Oberbaurath Funk und Obermaschinenmeister Weltner ausgearbeitetes lehrreiches Promemoria vom Jahre 1862 über die englischen Trajectanstalten am Firth of Forth und Firth of Tay, welche diese Herren behufs näherer Instruirung vorher noch besichtigt hatten.

Kirchweger, über Bessemerstahl. — Bessemer's Stahlerzeugungsmethode beruht auf dem sehr rationellen, aber freilich schwer durchführbaren Princip, dem aus dem Hohofen abfließenden Roheisen durch Einblasen von Luft unmittelbar soviel Kohlenstoff zu entziehen, daß er zu Stahl wird. Es geschieht dies in ellipsoidischen, mit feuerbeständiger Thonmasse ausgefütterten Birnen von 1,525 Meter Durchmesser und 1,8 bis 2,1 Meter Höhe, in welche aus einem Flammofen 60 bis 70 Cent. Roheisen eingelassen werden, und hierauf durch viele etwa 1 Cent. weite Oeffnungen comprimirte Luft eingeblasen wird, bis nach 15 bis 25 Minuten der Kohlenstoff des Roheisens verbrannt zu sein scheint. Es werden sodann aus einem zweiten Flammofen 5 bis 7 Centner geschmolzenes Spiegeleisen hinzugelassen und durch Gebläsewind mit dem entkohlten Roheisen innig gemengt, worauf der fertige Bessemerstahl abgelassen werden kann. Härte und Festigkeit des Fabrikates sind geringer als beim Guß- und Puddelstahl, er läßt sich aber härten und sowohl an Stabeisen als Stahl anschweißen. Ueber die verschiedenen Eigenschaften der Stahl- und Eisensorten läßt sich folgende Uebersicht aufstellen:

Gußstahl zeigt einen feinkörnigen, höchst gleichmäßigen Bruch, ist durch Ablöschen härtbar, hält 1,5 bis 1,75 Proc. Kohlenstoff und besitzt 183 Zollpfd. absolute Festigkeit pro Quadratmillimeter.

Puddel-, Cement- und Gärbstahl ist schweißbar und härtbar, hält 1,49 bis 0,66 Proc. Kohlenstoff und besitzt eine absolute Festigkeit von 128 bis 199 Zollpfd.

Bessemerstahl ist schweißbar, etwas härtbar, sehr biegsam, im Bruch feinkörnig wie Gußstahl, enthält 1,49 bis 0,66 Proc. Kohlenstoff und besitzt 111 bis 150 Zollpfd. Festigkeit.

Feinkorneisen ist schweißbar, feinkörnig im Bruch, nicht härtbar, enthält 0,51 bis 0,65 Proc. Kohlenstoff und besitzt 86 Zollpfd. Festigkeit.

Schmiedeeisen ist schweißbar, fasrig bis sehnig im Bruch, nicht härtbar, enthält 0,50 bis 0,65 Proc. Kohlenstoff und besitzt 70 bis 117 Zollpfd. Festigkeit.

Kesselblech ist schweißbar, aber nicht härtbar, zeigt einen fasrigen trocknen Bruch, enthält 0,50 bis 0,65 Proc. Kohlenstoff und besitzt 66 Zollpfd. Festigkeit.

Schaaf, die Regulirung der Ober-Aller. — Zur Abführung der schädlichen Wassermenge der oberen Aller wurde ein Umlaufscanal angelegt, bei welchem die Erdarbeiten bei 1,48 bis 4,18 Meter Tiefe und 15,5 bis 45,5 Quadratmeter Querschnittsfläche pro Cubikmeter auf 5,07 bis 5,82 Gr. zu stehen kamen. Bereits nach 2 Jahren zeigte der in der Regel nur 0,3 bis 0,5 Meter hoch mit Wasser gefüllte Canal viel Flottgräser und Schilfpflanzen am Boden, welche mittelst eines ca. 30 Thlr. kostenden Sensenapparates abgeschnitten wurden. Die Sensen sind an den Enden durch kleine Muttern unter sich verbunden und die beiden äußersten Sensen mit Oesen für Zugleinen versehen. Man beschwert überdies einzelne Sensen durch an Ketten hängende Gewichte und zieht nun den Sensenapparat auf der Sohle des Canales hin, wobei an jeder Leine 2 Mann am Ufer langsam aufwärtsschreiten. Ein Mann reinigt täglich 140 bis 180 Meter Länge. Ueber die Kunstbauten theilt unsere Quelle Zeichnungen und Kostenberechnungen mit.

Wollheim, die Passaubrücke bei Preetz in der ostholstein'schen Eisenbahn. — Für diese Brücke bestand der Baugrund aus Moor, Triebsand mit blauem Thon und reinem Sand in etwa 4,5 Meter Tiefe und es wurden daher die beiden Flußpfeiler auf eisernen Röhren, die Landpfeiler aber zwischen Spundwänden auf Beton gegründet. Die Cylinder haben 1,83 Meter Lichtweite und 2,22 Cent. Wandstärke; ihre Versenkung wurde, nachdem verschiedene andere Hilfsmittel vergeblich versucht worden waren, mittelst eines Baggerapparates bewirkt, der aus einem an der Bohrstange befestigten starken, etwa 0,9 Meter im Quadrat großen und an jeder der vier Seiten eingeschnittenen Bleche mit nach unten gebogenen und verstählten Spitzen bestand. Auf jedem der drei Cylinder steht ein 5,8 Meter hoher, 1,46 Meter starker gemauerter Pfeiler, und diese durch Gewölbbögen unter sich verbundenen Pfeiler tragen einen eisernen Oberbau nach dem Fachwerkssystem.

Ueber Bohren und Punzen der Löcher in Metallen. — Nach dem Technologiste, April 1865, sollen Bleche mit gebohrten Löchern eine um 19 Procent größere Festigkeit besitzen, als solche mit gepunzten Löchern.

Grant, über die Festigkeit des Portlandcementes. — Für den Bau der Hauptschleußen in London wurde

stücken an. Zur Bewegung dieser Thore dient gewöhnlich der Drehbaum oder eine am Kopfe der Schlagsäule befestigte Zugstange und bei dieser Arbeit stützt sich der Wärter mit dem Fuße gegen hervorragende Steine im Pflaster neben den Thoren. Hölzerne Thore kosten $^1/_3$ bis $^2/_3$ von den Kosten der eisernen Thore und es fehlt noch an Erfahrungen darüber, ob Letztere eine verhältnißmäßig größere Dauer besitzen.

Göring, neuer Gasometer auf dem Bahnhofe Hannover. — Bei dem Neubaue dieses Gasometers wurde der ganze tägliche Gasverbrauch zu Grunde gelegt und deshalb eine Cysterne von 15 Meter Durchmesser und 5,84 Meter Tiefe mit einer Glocke von 14,58 Meter Durchmesser und 5,84 Meter Höhe erbaut. Erstere ist sorgfältig in Portlandcement gemauert und der Putz durch eine Wasserröhre mit feinen Löchern längere Zeit gut angefeuchtet worden. Die Glocke wird oben und unten durch 6 Rollen geführt, wovon erstere an abgehobelten Leitschienen, letztere direct am Mauerwerk laufen. Die Leitschienen sind an Pfeilern, welche oben durch Gitterbalken verbunden sind, befestigt und die Kuppel der Glocke ist aus zwölf, durch Dreiecksverbindungen aus Rundeisen gegeneinander verstrebte Winkeleisen gebildet. Die Eisentheile haben 3086,6 Thlr. gekostet, das Mauerwerk und die übrigen Nebenarbeiten 5713,4 Thlr.

Welkner, die hydraulischen Krahne und Aufzüge am Seehafen zu Geestemünde. — Auf der Kaimauer des dortigen Hafenbassins sind 8 hydraulische Krahne von 20 und zwei dergleichen von 50 Centner Tragkraft, in den beiden Güterschuppen 4 hydraulische Aufzüge zu 20 und zwei dergleichen zu 40 Centner Tragkraft aufgestellt. Die hydraulischen Krahne haben sechsfache Kettenübersetzung, also 6 Fuß Kolbenhub für 36 Fuß Hubhöhe. Nur für die Triebcylinder sind Steuerungsventile (Kegelventile) vorhanden, da die Gegencylinder direct mit der Druckrohrleitung communiciren. Diese Ventile sind für 20 Centner-Krahne 1 und für 50 Centner-Krahne $1^1/_8$ Zoll weit. Zur Vermeidung von Stößen sind kleine Stoßventile angebracht. Bei dem Drehcylinder sind Schieber angewendet. Zur Ausgleichung des Gewichtes und der Reibung der Kette haben die 20 Centner-Krahne ein Gegengewicht von 2 Centnern erhalten. Die Triebcylinder sind unter Annahme von 75 % Wirkungsgrad berechnet, die Drehcylinder unter Annahme von $^1/_7$ Reibungswiderstand, 8 Fuß Geschwindigkeit und $1^1/_5$ Umdrehung Weg. Bei den 50 Ctr.-Krahnen ist mit Hilfe von drei Treibcylindern die Einrichtung getroffen, daß sie für Lasten von 20, 30 und 50 Centner benutzt werden können, je nachdem man blos den mittlern, oder die beiden äußeren, oder alle drei Cylinder zusammen arbeiten läßt. Bei den hydraulischen Aufzügen stehen die Triebcylinder vertical, haben Ventilsteuerung und können mittelst Schnurleitung vor jedem Güterboden und dem Fahrstuhl aus gestellt werden. Letztere sind auch zur Aufnahme großer Collis eingerichtet, durch Gegengewichte balancirt und mit Fangvorrichtungen versehen. Die 20 Centner-Aufzüge haben 8fache Kettenübersetzung und 46 Fuß Hubhöhe, die 40 Ctr.-Aufzüge nur 4fache Uebersetzung und 26 Fuß Hubhöhe. Der Wasserverbrauch ist für den ununterbrochenen Gang sämmtlicher Maschinen mit 2 Fuß Hubgeschwindigkeit zu 24 Cubikfuß pro Minute berechnet, und da jede Operation ca. 2 Minuten Zeit braucht, so waren pro Secunde 345 Cubikzoll Wasser mit 540 Pfd. Arbeitsdruck erforderlich. Um nun für den Fall gedeckt zu sein, daß beim Zusammentreffen des Aufziehens der Lasten in ca. $^1/_4$ der Zeit das ganze Wasser verbraucht wird, mußte ein Vorrath von 31122 Cubikzoll Druckwasser im Accumulator angehäuft werden. Dieser ist auf zwei 2 Fuß starke Accumulatoren mit 12 Fuß Hub vertheilt, während das direct wirkende Dampfpumpwerk blos 345 Cubikzoll Wasser pro Secunde liefert. Letzteres ist mit Rücksicht auf 10 Procent Wasserverlust zu 380 Cubikzoll Wasser und mit Rücksicht auf den etwa 5 Pfd. betragenden Röhrenreibungswiderstand, sowie die ca. 10 Pfd. betragende Stopfbüchsenreibung der Accumulatoren auf 365 Pfd. Druck pro Quadratzoll construirt. Die 250 Fuß lange gemeinschaftliche Druckrohrleitung ist 4 Zoll, und jede der ersten Abzweigungen $3^1/_2$ Zoll weit genommen, während die parallel laufenden Rückrohrleitungen $4^1/_2$ und 4 Zoll weit sind. Die Röhrenstärken sind nach der Formel $d = \frac{1}{2} D (2{,}718^{\frac{p}{m}} - 1) + \frac{1}{4}$ Zoll berechnet, worin $p = 3000$ Pfd. die zulässige Inanspruchnahme und $m = 45 . 13{,}5$ den Druck bedeutet. Letzterer wurde für die Cylinder der zu erwartenden Stöße wegen zu 60 . 13,5 Pfd. angesetzt.

Frank's Nivellirinstrument mit Distanzmesser. — Mit diesem, von dem Mechaniker L. Frank in Eisenach angegebenen Nivellirinstrumente können bequem bestimmte Steigungen, z. B. von 1 : 200 u. s. w. abgesteckt werden. Die Nuß des Stativs trägt nämlich eine Platte, an deren einem Ende eine Gabel und an deren anderem Ende eine verticale Mikrometerschraube angebracht ist. Beide sind genau um 100 Schraubengänge von einander entfernt. Das Fernrohr wird durch Spitzen beim Objectivende in der Gabel gehalten und ruht am andern Ende auf der mit einer Ablesscheibe versehenen Schraube, trägt oben eine Röhrenlibelle und wird durch eine Feder fest gegen die Schraube gedrückt. Visirt man mit diesem Instrumente nach einer Latte von bekannter Länge, so kann es als Distanzmesser benutzt werden. Beim Nivelliren wird zunächst die Platte mittelst einer Dosenlibelle horizontal und dann das Fernrohr durch Ablesen der Instrumenthöhe mit der Erdoberfläche parallel gestellt, worauf man durch eine einfache Rechnung oder mit Hilfe der beigegebenen Tabelle die Niveaudifferenz erhält.

Chausseewalzen mit Dampfbetrieb. — Lemoine's Construction zeigt einen Rahmen mit Kessel und Dampfmaschine, in welchem die Walze läuft und einen kleinen Cylinder zum Steuern, wiegt 12000 Kilogr. und kostet in der Unterhaltung nur halb soviel als der Betrieb mit Pferden, ist aber zu schwer und von so ungewöhnlicher Größe, daß die Pferde oft davor scheuen. Ballaison's Walze enthält in dem Rahmen zwei Walzen, zwischen denen zwei oscillirende Dampfcylinder sitzen, wiegt 13200 Kilogr., verursacht nur halb soviel Kosten als gewöhnliche Chausseewalzen und zeigt sich in jeder Beziehung zweckmäßig.

Künstliche Steinblöcke zu Seebauten. — In Algier sind aus Beton 23 bis 34 Tonnen schwere, 10 bis 15 Cubikmeter haltende, in Livorno 10 bis 20 Cubikmeter große Steinblöcke mit bestem Erfolge verwendet worden.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem zwölften Bande des

Civilingenieur.

№ 8.

Literatur.

Jahresbericht über die Fortschritte der mechanischen Technik und Technologie. (Bewegungsmechanismen. — Dampfmaschinen und Dampfkessel. — Feuerungsanlagen. — Gasanlagen. — Gespinnstfasermanufacturen: Weberei. Spinnerei. Appretur. — Mühlenwesen. — Metall- und Holzbearbeitung, Werkzeuge und Werkzeugmaschinen: Bohr-, Säge-, Hobelmaschinen, Dampfhämmer, Feilen u. s. w. — Papierfabrikation. — Pressen und Pumpen. — Ziegelfabrikation. — Wasserräder. — Verschiedenes.) Von Dr. Hermann Grothe. Vierter und fünfter Jahrgang. Mitte 1864 bis Mitte 1866. Erste Lieferung. Enthaltend: Bewegungsmechanismen. — Dampfmaschinen und Dampfkessel und darauf Bezügliches. Mit 18 in den Text gedruckten Holzschnitten und 6 lithographirten Tafeln. Berlin, 1867. Verlag von Julius Springer.

Dieser Jahresbericht, dessen letzten (dritten) Jahrgang wir Anfang 1865 zu besprechen Gelegenheit hatten, hat sich diesmal noch insofern vervollkommnet, als demselben lithographirte Tafeln beigegeben sind und die Zahl der Holzstiche wesentlich vermehrt worden ist. Auch dürfte derselbe an Umfang zugenommen haben, da er in vier Lieferungen erscheinen soll, wovon die erste hier vorliegt. Dieses Heft beginnt mit den neueren Erfindungen im Gebiete der Universalkuppelungen, dann kommen die neueren Beiträge zur Theorie der Dampfmaschinen, die neueren Constructionen von Dynamometern, Indicatoren, Manometern und Dampfmaschinen selbst, endlich mehrere neuere Steuerungen, kurz man findet in diesem Hefte alle beachtenswerthen Untersuchungen und Erfindungen, welche seit zwei Jahren über die angeführten Gegenstände veröffentlicht worden sind, bequem und übersichtlich zusammengestellt, was dem Techniker in hohem Grade angenehm sein muß. Die beigefügten Tafeln und Holzschnitte, sowie die übrige Ausstattung des Buches sind durchaus lobenswerth, sodaß man nur wünschen muß, diesen Jahresbericht fortgesetzt zu sehen.

Der Tunnelbau. Vorlesungen über Tunnelbau, gehalten am K. K. polytechnischen Institute in Wien von Johann Georg Schön. Mit 300 Figuren auf XIV autographirten Tafeln. Wien, 1866. Verlag von C. J. Bartelmus & Comp.

In diesem sechs Bogen starken Hefte wird eine für Anfänger jedenfalls ganz genügende und zweckmäßige Anleitung zum Tunnelbau vorgetragen, welche wohl geeignet ist, an technischen Anstalten als Leitfaden für Vorlesungen über diesen Gegenstand benutzt zu werden, aber auch andern Technikern zum Selbststudium empfohlen werden kann, wenn sie auch natürlich mit dem großen, aber noch nicht vollendeten Rziha'schen Werke sich nicht vergleichen läßt. Daß diesem Werkchen nicht lithographirte, sondern blos autographirte Tafeln beigegeben sind, ist jedenfalls in der Absicht geschehen, um es billiger herstellen zu können, ist aber doch, wie wir glauben, im Interesse der Sache zu bedauern. Eine am Schlusse der Schrift beigegebene Literaturübersicht, welche auch die wichtigsten Artikel aus technischen Zeitschriften mit berücksichtigt, zeigt, daß der Herr Verfasser sich mit der Literatur über den fraglichen Gegenstand eingehend beschäftigt hat, um so mehr überrascht es uns, daß er der interessanten Abhandlungen von Schleifenbaum und Rziha im 10. und 12. Bande des „Civilingenieur" nicht gedenkt.

Ueber Ent- und Bewässerung der Ländereien von F. A. Treuding, Professor an der polytechnischen Schule zu Hannover. Extra-Abdruck aus der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins für das Königreich Hannover. Hannover. Schmorl & von Seefeld. 1866.

Von dieser interessanten Abhandlung werden unsere Leser bereits durch das freilich nur unvollkommene Referat in d. Bl. eine Anschauung gewonnen haben, so daß wir auf ihren Inhalt hier nicht näher einzugehen brauchen. Es ist sehr erfreulich, daß dieselbe als Separatabdruck in den Buchhandel gelangt, da sie auf diesem Wege in den Kreisen, für welche sie besonders bestimmt ist und Segen schaffen kann, sicher eine weitere Verbreitung finden wird, als durch die Zeitschrift des hannov. Architekten- und Ingenieur-Vereines.

Skizzenbuch für den Ingenieur und Maschinenbauer. Eine Sammlung ausgeführter Maschinen, Fabrik-Anlagen, Feuerungen, eiserner Bau-Constructionen, sowie anderer Gegenstände aus dem gesammten Gebiete des Ingenieurwesens. Bearbeitet und herausgegeben von F. K. Wiebe, Professor und ordentlichem Lehrer der Maschinenkunde an der Königl. Gewerbe-Akademie und an der Königl. Bau-Akademie in Berlin, Ingenieur und Mühlenbaumeister. Heft 44, 45 und 46. Jahrgang 1866, Heft 2, 3 und 4. Berlin 1866.

Verlag von Ernst & Korn. (Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Diese drei Lieferungen des schätzenswerthen Skizzenbuches enthalten:

Lieferung 44: eine Bohrmaschine für Hartgußräder aus der Fabrik von A. Ganz in Ofen auf 2 Blatt Zeichnungen, ein Schwedler'sches Kuppeldach von 140 Fuß Spannung über einen Behälter der städtischen Gasanstalt in Berlin auf 2 Blättern, eine Hochdruckpumpe für die 75 pferdige Pumpmaschine der städtischen Wasserversorgung in Stettin und eine liegende, doppelt wirkende Pumpe aus der Borsig'schen Maschinenfabrik zu Berlin (Moabit);

Heft 45: das eiserne Dach für das neue Königl. Körnermagazin zu Berlin nach Polonceau'schem System aus der Maschinenfabrik von L. Schwartzkopff in Berlin auf 6 Tafeln;

Heft 46: einen Mahlgang mit rotirendem Bodenstein und Kugelhaue von H. Wiebe, einen Thonschneider für eine täglich 20000 Ziegel liefernde Ziegelei von C. Fink, und zwei Brennereianlagen von A. Borsig in Moabit mit 3 Blatt Zeichnungen.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift des Architekten- u. Ingenieur-Vereines für das Königreich Hannover. Band XII, 1866, Heft 1—3. (Schluß.)

Locomotiven für steile Rampen und starke Curven. — Für die spanische Nordbahn wurden Locomotiven verlangt, welche auf Steigungen von 1:50 und in Curven von 300 Meter Radius Züge von 200 Tonnen (à 20 Ctr.) Gewicht (excl. Gewicht der Maschine) mit 20 Kilometer Geschwindigkeit pro Stunde zu befördern im Stande wären. Waessen's Locomotiven mit beweglichem Vordergestell haben diese Bedingungen erfüllt. Sie sind als Tendermaschinen gebaut und ihr Vordergestell kann sich normal zur Seite verschieben und radial einstellen. Die Güterzugmaschinen haben außenliegende geneigte Cylinder von 0,46 Meter Durchmesser bei 0,61 Meter Hub und drei gekuppelte Axen mit 1,2 Meter hohen Rädern, wiegen 900 Ctr., wovon 720 Ctr. auf den Triebrädern und 180 Ctr. auf den 0,8 Meter hohen Laufrädern ruhen, und arbeiten mit 8 Atmosphären Spannung. Die Personenzugmaschinen haben gleiche Dimensionen, aber nur zwei gekuppelte Axen mit 560 Ctr. Last. Man nimmt an, daß sie 120 Tonnen mit 20 Kilometer Geschwindigkeit auf Rampen von 1:50 fortschaffen könnten.

Zur Theorie der Hammerwerke. — Vereinfachung der Theorie von Poncelet und praktische Anwendung.

Rouquayrol's Respirationsapparat. — Der Haupttheil dieses zur Unterhaltung des Athmens unter Wasser oder in schädlichen Gasen bestimmten Apparates besteht in einem mit stark comprimirter Luft gefüllten eisernen Gefäße, auf welchem ein kleineres, oben durch eine mit Eisen armirte Kautschukplatte geschlossenes Gefäß sitzt. In diesem befindet sich ein nach dem großen Gefäße sich öffnendes Kegelventil, dessen Stift von der Platte ausgeht, auch führt aus dem kleinen Gefäße ein Rohr nach dem Munde des mit zugeklemmter Nase gehenden Arbeiters. Sobald der Arbeiter saugt und also eine geringe Luftverdünnung im kleinen Gefäße eintritt, so senkt sich die Kautschukplatte und das Luftventil wird etwas geöffnet. Zum Ausathmen dient ein am Rohre angebrachter kurzer Kautschukschlauch. Damit der Arbeiter auf die Entleerung des großen Luftbehälters aufmerksam gemacht werde, befindet sich in demselben eine sinnreiche Lärmpfeife. 20 Liter Luft von 25 Atmosphären Spannung reichen für 42 bis 60 Minuten aus.

Bazin, Formel über die Bewegung des Wassers in Canälen. — Bezeichnet R den sogenannten mittleren Radius, d. h. den Quotienten aus dem Querschnitt a, dividirt durch den benetzten Umfang p, I das Gefälle pro Längeneinheit $= \frac{h}{l}$ und U die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in einem Profile, so kann man nach Bazin

bei sehr ebenen Wänden (geputzter Cement, gehobelte Holzeinfassung):

$$\frac{RI}{U^2} = 0{,}00001\left(1 + \frac{0{,}03}{R}\right),$$

bei ebenen Wänden (behauene Steine, Backsteine, Bohlenwände, Cement mit Sand):

$$\frac{RI}{U^2} = 0{,}00019\left(1 + \frac{0{,}07}{R}\right),$$

bei wenig ebenen Wänden (Bruchsteinmauer):

$$\frac{RI}{U^2} = 0{,}00024\left(1 + \frac{0{,}25}{R}\right),$$

bei Erdwänden (gewöhnliche Flußbetten):

$$\frac{RI}{U^2} = 0{,}00028\left(1 + \frac{1{,}25}{R}\right),$$

setzen. Letztere Formel giebt, wenn man, wie dies für breite Wasserläufe gestattet ist, R = der mittleren Tiefe t setzt,

$$U = \sqrt{\frac{a}{p}\cdot\frac{h}{l}}\sqrt{\frac{1}{0{,}00028\left(1 + \frac{1{,}25}{t}\right)}} = k\sqrt{\frac{a}{p}\cdot\frac{h}{l}},$$

wo der Coefficient k für

die Tiefe t =	1/3	2/3	1	4/3	5/3 Meter
die Werthe k =	27,44	35,32	39,86	43,05	45,20

die Tiefe t =	2	7/3	8/3	3 Meter
die Werthe k =	46,92	48,28	49,32	50,40

annimmt, während die Eytelwein'sche Formel für k einen constanten Werth giebt. Zur Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit U aus der durch Schwimmer beobachteten größten Geschwindigkeit V des Profiles giebt Bazin für die Fälle, wo $\frac{RI}{U^2} \leqq 0{,}001$ ist, $U = V - 14\sqrt{RI} = V - 14\sqrt{\frac{th}{l}}$. Für die Veränderung der Geschwindigkeit in einer und derselben Verticalen giebt Bazin die Formel

$$v = V - 20\,h_1^2\sqrt{\frac{RI}{H^2}},$$

wo h_1 die Tiefe unter der Oberfläche und v die entsprechende Geschwindigkeit, H aber die ganze Tiefe bedeutet. Letztere Formel und diejenige über die Abhängigkeit der mittleren Geschwindigkeit von der größten dürften nur bei geringen Tiefen und großen Geschwindigkeiten mit Zuversicht anzuwenden sein.

Einfaches Dynamometer. — Der Technologiste, Februar 1866, beschreibt ein Dynamometer, welches aus einer Riemenscheibe mit zwei darin angebrachten, an der Nabe befestigten Federn besteht. Aus der an einem Geradbogen abzulesenden Verdrehung der Federn ergiebt sich die am Umfange wirkende Kraft. (Eine Idee, welche nicht neu ist.)

Wasseraufnahmsfähigkeit der Hölzer. — Unter einem Drucke von 165 Atmosphären hat Tannenholz 1,420, Eichenholz 0,842, Ulme 0,533, frisches Eichenholz 0,000 Kilogramm Wasser pro Kilogramm Eigengewicht der Holzstücke aufgenommen.

Die englischen Sturmsignale — haben sich nach dem Tode des Admirals Fitzroy als eine Art Humbug herausgestellt. Fitzroy telegraphirte reine Prophezeiungen, welche auf keine Art von wissenschaftlichen Grundsätzen beruhten, seine Vorhersagungen sind auch öfter falsch als richtig gewesen.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines. XVIII. Jahrgang, 1866, Heft 5—8.

Reinhardt, über die selbstthätige Eisenbahnbremse von Osimitsch. — Bei dieser Bremse geschieht das Andrücken und Lösen der Bremsbacken durch jede im Zuge entstehende Hemmung, mag dieselbe von der Tenderbremse oder einer Handbremse an einem Wagen herrühren, gleichgiltig ob dieselbe durch Ziehen oder Stoßen mitgetheilt wird. Die Bremsung dauert so lange, als die Hemmung und die Lösung erfolgt, sobald eine Tendenz zur Beschleunigung eintritt. Die Bufferstangen greifen nämlich an den Enden und die Zugstangen in der Mitte der Zug- und Stoßfedern an, welche unter sich durch ein die Fortsetzung der Zugstangen bildendes Mittelstück verbunden sind. Dieses Mittelstück trägt an den Seiten zwei vortretende Zapfen, welche in die Schlitze eines an einer horizontalen Bremswelle sitzenden Bremshebels eingreifen, also diesen Bremshebel aus der verticalen Stellung verschieben, sobald die Feder nach vorwärts oder rückwärts angespannt wird. Die Bremswelle liegt in der Mitte zwischen den Rädern parallel zu den Axen, aber etwas tiefer, und trägt an den Enden zwei vertical stehende kurze Hebel, an deren oberen Enden die in der Horizontalebene durch die Radaxen liegenden Bremsstangen eingreifen. Letztere fassen jedoch nicht direct an den Bremsklötzen an, sondern an ungleicharmigen Balanciers, welche um horizontale, nahe bei den Rädern liegende Drehungsaxen schwingen. Das längere Ende dieser Balanciers ist an den Bremsklötzen befestigt, deren oberes Ende mittelst eines Schlitzes aufgehangen ist. Beim Anziehen nimmt die Feder den Bremshebel mit und drückt dadurch die vordern Bremsklötze an, während die hinteren Bremsklötze von den Rädern abgezogen werden; weil aber das Rad bei der Drehung die vordern Bremsklötze in Folge der Reibung etwas hebt, so wird der Balancier schief gestellt und die Bremsstangen bekommen dadurch mehr Hebelarm, so daß sie die Klötze vom Rade abziehen. Beim Anhalten geht die Feder nach rückwärts und drückt die hinteren Bremsklötze an, was durch die Bewegung des Rades selbst mit unterstützt wird, während die vordern Bremsklötze abgezogen werden, und dieser Zustand dauert so lange, als die Geschwindigkeit abnimmt. Beim Rückwärtsschieben des Zuges findet das Umgekehrte statt.

Flattich, der Bau von Arbeiterwohnungen. — Erörterungen über die Bedürfnisse und Kosten solcher Wohnungen nebst Mustern..

Ueber die Inanspruchnahme des Eisens bei Brücken. — Bericht einer Commission des Vereines. Die Commission hat zunächst verläßliche Angaben über die absolute und rückwirkende Festigkeit des Schmiede- und Walzeisens gesammelt, aus denen hervorgeht, daß die absolute Festigkeit 30,7 bis 45,2 Kilogr. pro Quadratmillimeter, die Elasticitätsgrenze aber 12,9 bis 17,7 Kilogr. pro Quadratmillimeter beträgt. Eine zweite Zusammenstellung über die bei 132 ausgeführten Constructionen angewendete Inanspruchnahme zeigt, daß Brücken, welche nach 3,92 bis 12 Kilogr. berechnet waren, bei der Probebelastung Einsenkungen von $^1/_{4900}$ bis $^1/_{360}$ der Spannweite zeigten, die Inanspruchnahme aber meistens nur zu 8,1 Kil. pro Quadratmillimeter bemessen wurde, wobei die Einbiegung zu $^1/_{3000}$ bis $^1/_{1500}$ der Spannweite beobachtet wurde. Inanspruchnahmen bis zu 11,2 Kilogr. kommen nur ausnahmsweise vor und geben auch große Durchbiegungen. In Frankreich sieht man als Grenze 6, in Preußen 7,2 Kilogr. an und nach der Pauli'schen Theorie, nach welcher nur eine solche permanente Belastung als zulässig erachtet wird, welche um die dreifache zufällige Belastung vermehrt der Elasticitätsgrenze gleichkommt, wären 8,5 Kil. pro Quadratmillimeter als Grenze anzusehen. Fairbairn's Versuche über den Einfluß wiederholter Be- und Entlastungen führen auf den Werth 7,9 Kilogr. Die Commission sieht daher $^1/_5$ der absoluten Festigkeit, oder wo diese nicht besonders untersucht ist, 6,9 Kilogr. pro Quadratmillimeter als zulässige Inanspruchnahme für Eisenbahn- und Straßenbrücken an, $^1/_4$ der Bruchfestigkeit oder 10,1 Kilogr. aber für Constructionen, welche nur ruhende Lasten zu tragen haben. Für Stahlbleche fehlt es noch an genügenden Erfahrungen, jedenfalls sind nur weiche Sorten empfehlenswerth, und Brückenbestandtheile aus Bessemerstahl dürften mit Sicherheit nicht mit mehr als 12,1 Kilogr. pro Quadratmillimeter zu belasten sein. Bezüglich der rückwirkenden Festigkeit, welche bei Schmiedeeisen nicht viel größer als die absolute ist, hat man der passenden Querschnittsform besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Stummer, über Heizung und Ventilation des Hofwaggons der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn. — Die Erwärmung dieses 1500 Cubikfuß fassenden Waggons geschieht mittelst elf $5^1/_4$ Fuß langer, 1 Fuß breiter und $^1/_3$ Fuß hoher, in den Fußboden eingelassener und mit 18 Cubikfuß Wasser von 70 bis 72° R. gefüllter Wärmflaschen aus verzinktem Eisenblech, welche ca. 8 Ctr. wiegen und 154 Quadratfuß Oberfläche besitzen. Sie sind in zwei, mit besonderen Füllungsrohren versehene Reihen getheilt und werden aus einem Tender in 4 Minuten gefüllt, während das Anlegen der dazu nöthigen Schläuche drei bis vier und das Entleeren 5 bis 6 Minuten dauert. Bei 1000 Quadratfuß Abkühlungsfläche des Waggons ist bei einmaliger Füllung eine höchste Temperatur von 15, bei zweimaliger eine solche von

16 und bei viermaliger eine Temperatur von 20° R. zu erreichen. Nach der Füllung steigt die Temperatur 5 Stunden lang, bleibt nachher 2 Stunden constant und nimmt hierauf wieder ab.

Schwarz, über Einführung der Stahlschienen auf der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn. — Im Jahre 1861 wurde bei der genannten Bahn in der Strecke Weißkirchen-Pohl eine 1 Meile lange Strecke mit 2662 Stück 18füßiger Puddelstahlschienen von 23,8 Zollpfd. Gewicht pro lauf. Fuß belegt, welche von dem Werke Teschen mit 3jähriger Garantie geliefert waren. Am Ende der Haftzeit waren 0,41 Procent von diesen Schienen als mangelhaft ausgewechselt und gegen bessere Schienen vertauscht worden, was aber seit 1864 nicht wieder nöthig gewesen ist, während früher bei Eisenschienen schon nach 2 Jahren 5 bis 6% eingewechselt werden mußten. Demgemäß wurden die Puddelstahlschienen bei der Nordbahn allgemeiner angewandt und Ende 1865 lagen davon bereits 8,551 Meilen. Man warf aber nun die Frage auf, um wieviel Schienen aus Puddel- und Bessemerstahl schwächer gehalten werden dürften, als eiserne und welche Form ihnen am zweckmäßigsten zu geben sei, und es entwarf in Folge dieser Erörterungen ein Comité von Ingenieurs ein neues Profil, welches trotz geringerem Gewichte die doppelte Tragfähigkeit zeigte. Weil indessen der Fuß dieses Profiles nur 100 Millim. Breite besaß, also starkes Eindrücken desselben in die Schwellen und stärkere Verengerung des Gleises in den geraden Strecken zu erwarten, auch der Kopf etwas stark convex war, so wurde dieses Profil noch etwas abgeändert und hat nunmehr einen 110 Millim. breiten Fuß, 120 Millim. Höhe, 57 Millim. Kopfbreite, 13 Millim. Stegdicke, 0,003919 Qu.-Meter Querschnitt, 30,526 Kil. Gewicht pro lauf. Meter und 6,6 Meter Länge. Die Laschen sind 0,5 Meter lang, 15 Millim. stark und schließen am Kopf und Fuß der Schiene vollkommen an. Gegen das Verrücken der Schienen sind Stoßwinkel angebracht, welche sich fest gegen die Köpfe der Hakennägel stemmen.

Wassermessungen. — Commissionsbericht über die in der Nähe des Kaiserbrunnens vorgenommenen Wassermessungen in der Schwarza, welcher zwar größtentheils von localem Interesse ist, aber gute Bemerkungen über derartige, nur zu oft sehr leicht genommene Messungen enthält.

Stockhammer, Formeln zur Bestimmung der Oberfläche von Kappen und Kreuzgewölben. — Ist die Fläche F eines über einem regelmäßigen, n seitigen Polygon mit halbkreisförmigem Tonnengewölbe geschlagenen Kappengewölbes zu bestimmen und bedeutet r den Radius des Halbkreises, so kann man hierzu die Formel

$$F = 2nr^2 \operatorname{tg}\left(\frac{180}{n}\right),$$

für ein Kreuzgewölbe, wo r zugleich die halbe Polygonseite bedeutet, die Formel: $F = (\pi - 2)\, n r^2 \cot g \left(\frac{180}{n}\right)$ anwenden.

Prokesch, über die Dauer der Eisenbahnschienen. — Die Schienenabnutzung ist durch viele Factoren bedingt, indem die Terrain- und klimatischen Verhältnisse, die Construction des Oberbaues und Solidität der Schienenunterlage, die Qualität des Schienenmaterials, die Stärke des Betriebes, die Schwere der Maschinen und Fahrzeuge, die Art der Ueberwachung dabei maaßgebend sind. Es ist daher unmöglich, einen allgemein giltigen Schienenabnutzungscoefficienten aus Beobachtungen an einer einzigen Bahn abzuleiten, doch sind die Ergebnisse einer derartigen Zusammenstellung über die Nordbahn sehr interessant. Sie zeigen, daß die Zahl der abgenutzten Schienen in Procenten

	bei einfacher Bahn,	bei Doppelbahn,	im Durchschnitt
nach dem 1. Jahre	1,618%	0,000%	1,383%
2.	2,406	0,027	2,045
3.	4,282	0,342	3,741
4.	7,643	1,098	6,661
5.	11,130	2,794	10,405
6.	16,774	4,562	15,306
7.	23,630	7,147	22,216
8.	32,690	10,396	29,839
9.	45,585	14,525	39,222
10.	53,661	19,761	41,424
11.	54,311	23,063	43,333
12.	73,902	—	73,902
13.	62,136	—	62,136

betrug, wozu zu bemerken ist, daß nach dem 10. Jahre schon mit der Schienenerneuerung begonnen wurde, sämmtliche Schienen aus österreichischen Werken bezogen waren und hauptsächlich am Stoß beschädigt wurden. Besseres Material (Bessemer- oder Puddelstahl), Härtung des Schienenkopfes, Verhütung der Stöße am Schienenstoß durch Freilegen bei solider Laschenverbindung und Annahme längerer Schienen, endlich gute Ueberwachung werden diese Abnutzung wesentlich vermindern.

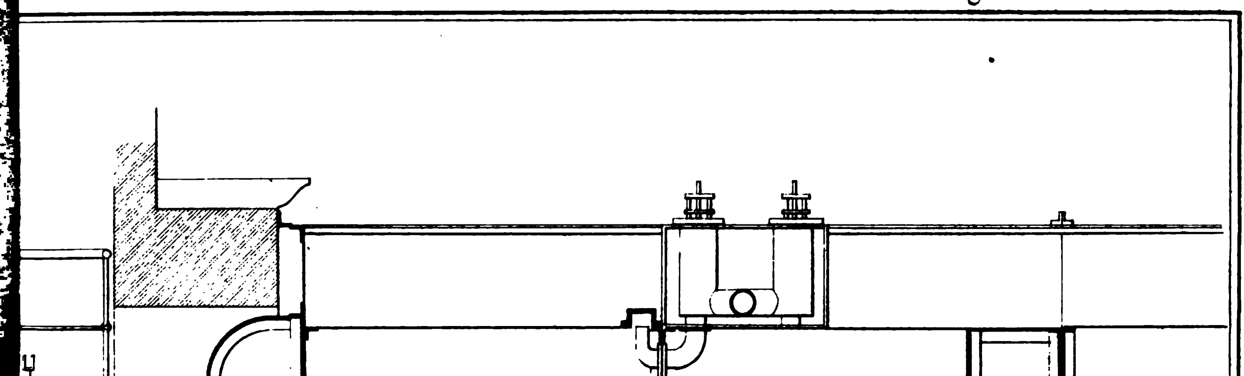
Schlesinger, über Potenzcurven. — Anleitung zum graphischen Potenziren und Wurzelausziehen, durch welche auch gelehrt wird, wie Wurzelgrößen durch die Potenzcurven bestimmt werden können, ohne daß man Letztere zieht.

Fähndrich, über eine Kesselfeuerung mit Theer. — In der Gasanstalt zu Gaudenzdorf wird ein Kessel dergestalt mit Theer geheizt, daß der Theer in einem starken Strahle auf eine heiße Platte fällt und die entwickelten brennenden Gase dann unter dem Kessel hinstreichen. 1 Ctr. Theer soll soviel leisten als $1^1/_2$ Ctr. der besten Cokes.

Escha, über Achard's elektromagnetischen Brems für Eisenbahnen. — Achard's Brems soll den Zugführer in Stand setzen, ohne Zeitverlust und Kraftaufwand sämmtliche Bremswagen zu bremsen. Es befindet sich deshalb auf dem Tender ein Commutator, mittelst dessen ein elektrischer Strom, der durch Drähte nach den Wagen geleitet ist, unterbrochen werden kann, wenn die Bremsvorrichtung in Thätigkeit treten soll. Letztere ist ein Brems, dessen Klötze durch Hebel und eine Kette angedrückt werden, welche durch die Bewegung der Laufräder selbst aufgewickelt wird. Sobald nämlich der elektrische Strom aufhört, fällt der Anker eines am Wagengestell befestigten Elektromagnetes ab und es wird eine Klinkvorrichtung eingerückt, welche vom Wagenrade bewegt wird und eine Kettentrommel in Umdrehung versetzt, auf welche sich eine den Bremshebel anziehende Kette aufwickelt.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

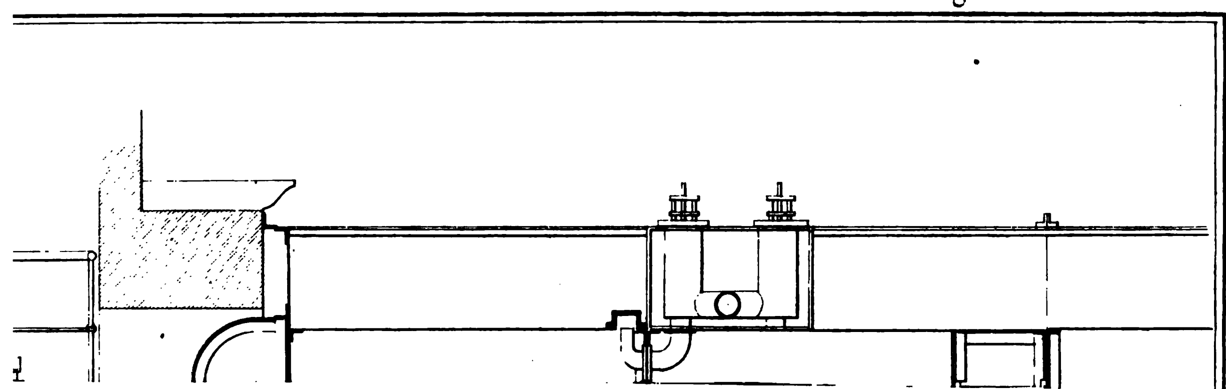




Ci

Fig. 3.
Durchschnitt nach 1_2.

Fig. 4.



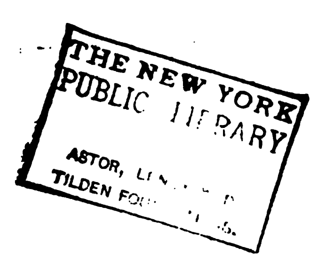
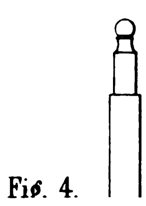


Fig. 4.



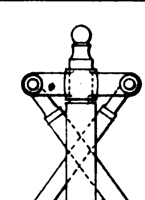
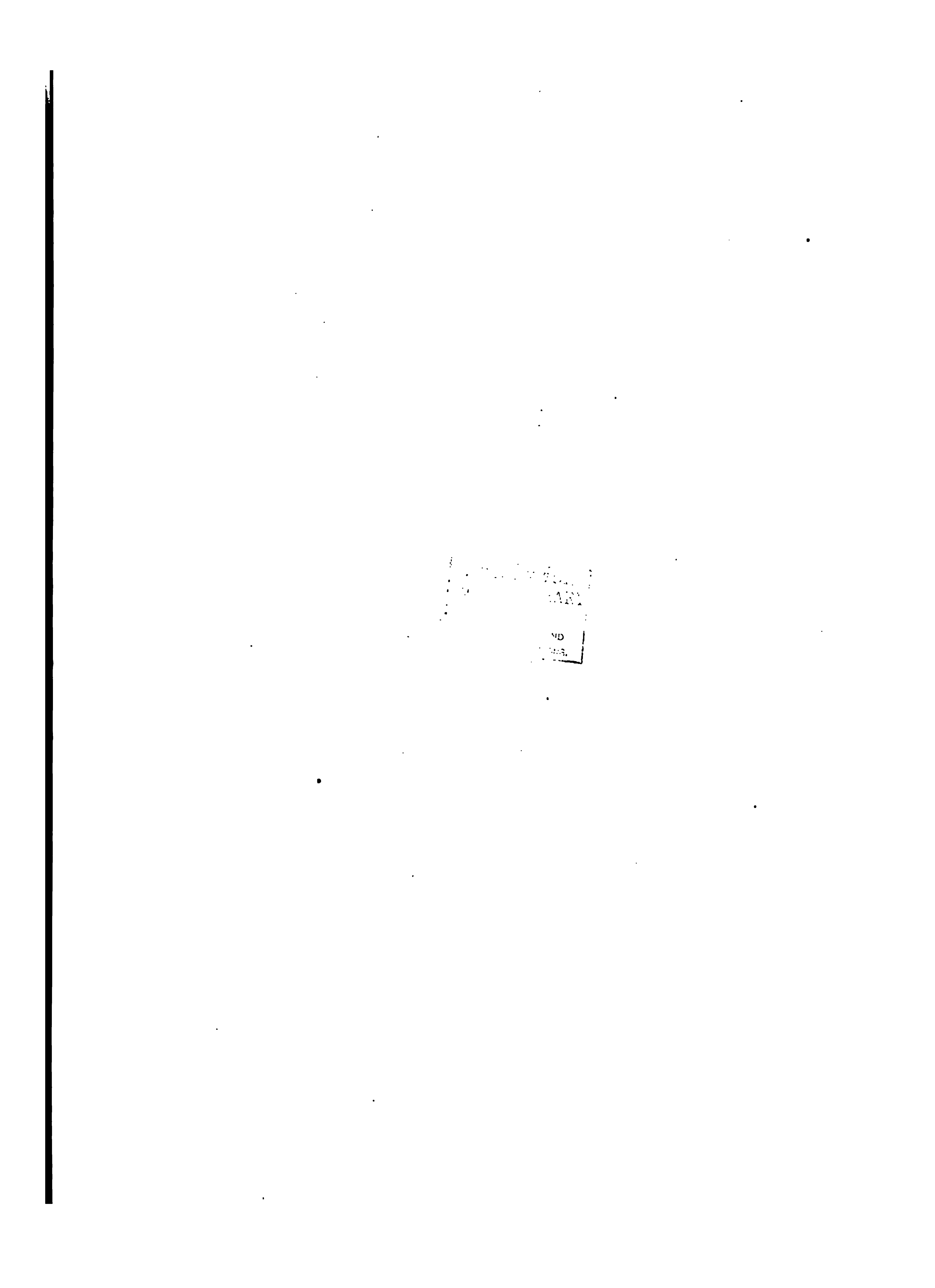
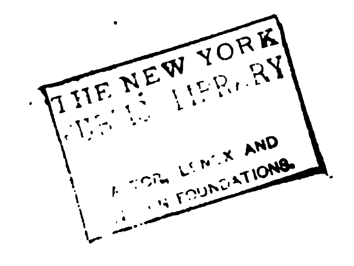
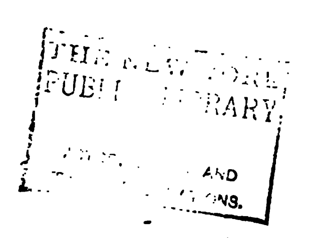


Fig. 3.
Durchschnitt nach 1 _ 2.







lingenieu

lag von Arth

